Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

REGIONE CALABRIA

INVITALIA

SACAL SOCIETA' AEROPORTUALE CALABRESE

ENAC ENTE NAZIONALE PER L'AVIAZIONE CIVILE

Comune di Lamezia Terme

Comune di Gizzeria

Agenzia per la Coesione Territoriale

Presidenza del Consiglio dei Ministri – Ministro per gli Affari Europei, il Sud, le Politiche di Coesione e il PNRR

MINISTERO DELL'INTERNO

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

MEF Ministero dell'Economia e delle Finanze

Mims Ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibili

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

MINISTERO DEL TURISMO REPUBBLICA ITALIANA

SACAL

Società Aeroportuale Calabrese
Crotone, Lamezia Terme, Reggio Calabria

A.U. - Accountable Manager: Marco FRANCHINI
Post Holder Progettazione : ing. Stefania RAIMONDO
Post Holder Manutenzione: ing. Filippo MALAFARINA
Post Holder Terminal: dott.ssa Sabrina MILETO
RUP: Ing. Matteo MASTROIANNI
RSPP SACAL - EX D.LGS 81/08 :dott. Cristian RASO

RIQUALIFICA AMBIENTALE DELLA FASCIA NORD DELL'AEROPORTO CON REALIZZAZIONE DI PISTA CICLABILE PER LA VALORIZZAZIONE ECOSOSTENIBILE DELLA FASCIA COSTIERA (POLO DELLA VELA) E DEL LAGO LA VOTA

CIG: A0159668F5 CUP: H81D2200009002

Ambito di intervento: Trasporti e mobilità sostenibili – Fondi CIS scheda L05

PROGETTO ESECUTIVO

OPERE STRUTTURALI - OS1 ATTRAVERSAMENTO TORRENTE CASALE
Verifica di stabilità dei rilevati

PROGETTISTI:

Mandataria

HYpro srl

Mandanti

CORFONE + PARTNERS studios for urban architecture
Ph.D. Arch. Cesare CORFONE

SGMadeo
Archeol. Simone Giosuè MADEO

TEAM DI LAVORO

Responsabile progettazione opere infrastrutturali V.02: **Ing. Michele SISINNO**

Responsabile progettazione opere strutturali S.04 - Resp.ITACA: **Ing. Maurizio CARUSO**

Responsabile progettazione opere impiantistiche IB.04: **Ing. Raffaele CIARDULLO**

Responsabile progettazione interventi naturalistici e paesaggistici P.01: **Arch. Cesare CORFONE**

Responsabile progettazione edile E.19 e E.20: **Arch. Cesare CORFONE**

Archeologo: **Archeol. Simone Giosuè MADEO**

Geologo: **Geol. Giuseppe CERCHIARO**

Direttore operativo Geologia: **Geol. Giovanni DE FAZIO**

Coordinatore per la sicurezza in fase di Progettazione:
Ing. Roberto NUCCI

Progettista e responsabile integrazioni e prestazioni specialistiche:
Ing. Daniele NUCCI

ORDINE INGEGNERI COSENZA – Ingegnere DANIELE NUCCI – Laurea Specialistica – Sezione: A n. 6188 – Settore Civile Ambientale

COMMITTENTE

S.A.CAL. S.p.A
Società Aeroportuale Calabrese
Via Aeroporto - 88046 Lamezia terme(CZ) ITALIA
Tel +39 0968-414212

PH Progettazione
Ing. Stefania RAIMONDO

PH Manutenzione
Ing. Filippo MALAFARINA

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Matteo MASTROIANNI

Approvazione ENAC

Approvazione ENTI

CODICE ELABORATO: PE_OS_01_REL_01_C

SCALA:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Luglio 2025	PRIMA EMISSIONE	A. Voci	M. Caruso	D. Nucci
01	Luglio 2025	SECONDA EMISSIONE	A. Voci	M. Caruso	D. Nucci
02	Settembre 2025	TERZA EMISSIONE	A. Voci	M. Caruso	D. Nucci

INDICE

1 PREMESSA 2
1.1 Descrizione dell'opera 2
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
3 MATERIALI 4
3.1 Terreni e pietrami 4
3.2 Rete in acciaio 4
3.3 Misto cementato 4
4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI 5
5 ANALISI DEI CARICHI 7
6 COMBINAZIONI DI CARICO 14
7 MODELLAZIONE STRUTTURALE 15
7.1 Verifica strutturale 15
7.2 Verifica stabilità globale 18
7.2.1 Modello 18
7.2.2 Risultati 22
8 ALTRE VERIFICHE 25
9 VALIDAZIONE DEI PROGRAMMI DI CALCOLO. 26
9.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo 26
9.2 Affidabilità dei codici di calcolo 26
9.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati 26
10 ALLEGATO: RELAZIONI DI CALCOLO 27

1 PREMESSA

1.1 Descrizione dell'opera

La presente relazione è relativa ai lavori di "RIQUALIFICA AMBIENTALE DELLA FASCIA NORD DELL'AEROPORTO CON REALIZZAZIONE DI PISTA CICLABILE PER LA VALORIZZAZIONE ECOSOSTENIBILE DELLA FASCIA COSTIERA (POLO DELLA VELA) E DEL LAGO LA VOTA" e riporta i risultati di calcolo e le verifiche di tipo geotecnico relative al rilevato.

Lo scenario dello stato di progetto (SP) prevede la realizzazione del rilevato in prossimità della progressiva chilometrica 2+600 del tracciato della pista ciclabile.

Il rilevato sarà costituito da muri di sostegno costituiti da gabbioni riempiti di pietrame a sostegno del corpo del rilevato costituito da terreno compattato; per uniformare la distribuzione dei cedimenti, è prevista la realizzazione di uno strato alla base in misto cementato di spessore pari a 0.5 m. L'altezza massima del rilevato, relativa alla sezione in prossimità dell'opera "OS01 ATTRAVERSAMENTO TORRENTE CASALE" risulta essere 5.30 m; le verifiche vengono quindi effettuate considerando tale geometria, riportata nella figura di seguito (misure riportate in m).

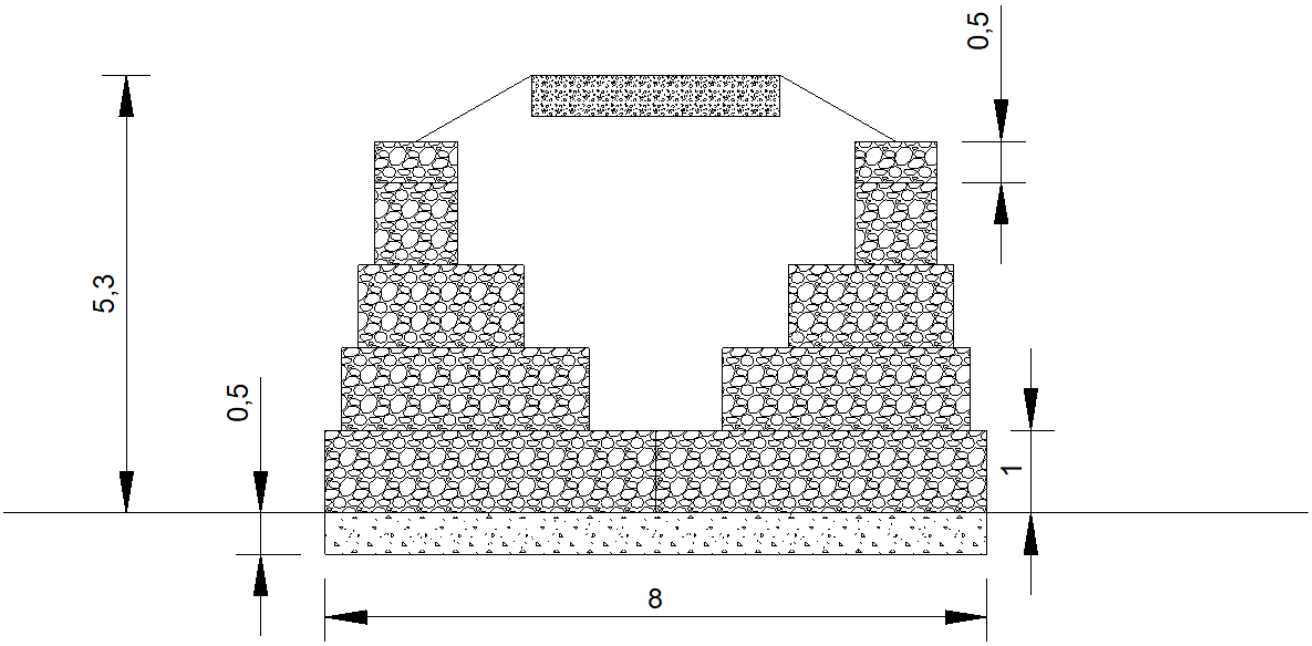


Figura 1.1 – Geometria del rilevato

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta tenendo in conto le seguenti normative:

- DM 17/01/2018	"Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. 02/02/2009 n. 617/C.S.LL.PP.	Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17/01/2018
- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005	Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005	Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005	Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- UNI 11531 – 1: 2024	Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - -Criteri per l'impiego dei materiali – Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati
- UNI EN 338:2016	Legno strutturale – Classi di resistenza

3 MATERIALI

Per le opere di nuova realizzazione di seguito si riportano i materiali previsti in progetto:

3.1 Terreni e pietrami

Per la realizzazione del corpo del rilevato: materiale di categoria A2-4 normativa UNI 11531 – 1

Per il riempimento dei gabbioni: materiale inerte con pezzatura compresa tra i 100 e i 200 mm

3.2 Rete in acciaio

Per la realizzazione dei muri di sostegno: gabbioni di dimensione variabile (cap. 7) in rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale 6x8 con filo d'acciaio rivestito con Galfan; diametro 2.7 mm.

3.3 Misto cementato

Per la realizzazione del misto cementato sono previsti i seguenti materiali:

- Inerti caratterizzati secondo EN 13242;
- Legante: Cemento di tipo portland 32.5R dosato in percentuale tra il 3% e il 4% sul peso degli inerti asciutti;
- Acqua: dosaggio in funzione dell'umidità naturale dell'aggregato per garantirne il contenuto corretto, ottenuto secondo prova Proctor Modificata UNI EN 13286-2, con variazione compresa entro il +/- 2% sul peso della miscela.

4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Per la verifica di stabilità del rilevato si è fatto riferimento alle stratigrafie di terreno e relative caratteristiche dei valori geotecnici meglio specificati nel documento "GE00REL01A".

Di seguito sono riportati in sintesi i valori di riferimento.

La descrizione della stratigrafia del modello geotecnico di riferimento è riportata in tabella 4.1 e una rappresentazione visiva in figura 4.1:

Tabella 4.1 – Unità geotecniche

UNITÀ GEOTECNICHE		
Unità litotecnica	**Profondità (m)**	**Descrizione unità**
UNITÀ 1	0.0 – 10.0	Sabbia grossolana limosa da poco a moderatamente addensata
UNITÀ 2	10.0– 20.0	Sabbia grossolana più addensata

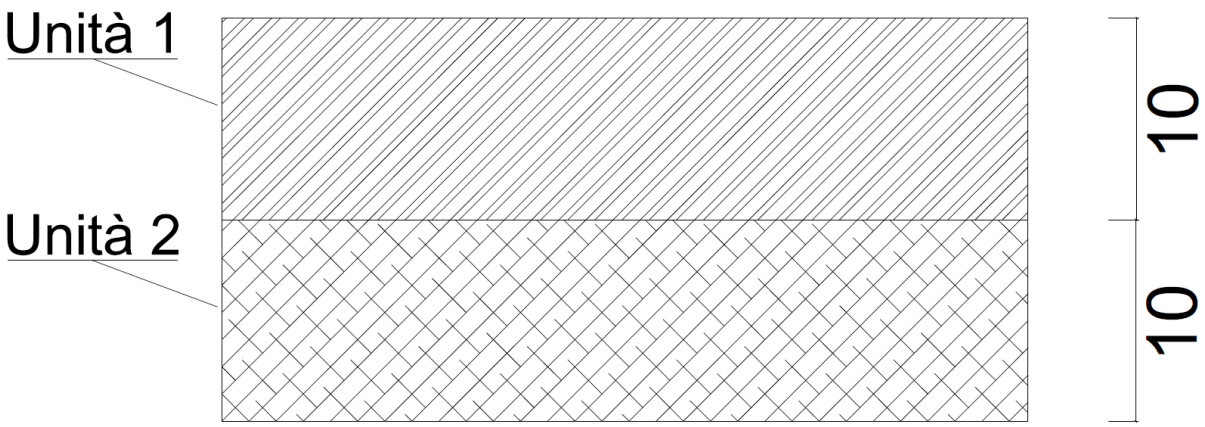


Figura 4.1 – Stratigrafia del modello geotecnico

UNITA 1:

- Peso di volume γ = 17-19 kN/m^3
- Angolo di resistenza a taglio ϕ = 29-32°
- Coesione c' = 1.00-1.50 kPa

UNITA 2:

- Peso di volume γ = 18-19.5 kN/m^3
- Angolo di resistenza a taglio ϕ = 32-35°
- Coesione c' = 0.5-1.0 kPa

La falda è stata individuata a circa 0.50 m dal piano campagna, tuttavia a favore di sicurezza considerando possibili innalzamenti della falda in caso di eventi piovosi intensi è stata assunta **coincidente con il piano campagna** stesso;

La categoria topografica del sito oggetto d'intervento è **T1**;

Gli spessori dei litotipi rilevati, in accordo con l'indagine sismica (M.A.S.W.) indicano, per l'opera in studio, un suolo di categoria **"C"** (O.P.C.M. 3274/2003 e D.M. 17 gennaio 2018).

Per la definizione delle caratteristiche di deformabilità del terreno sono state interpretati i risultati delle prove SPT ottenute dai sondaggi S1 ed S2 (fase 1) eseguite in fase di indagine.

Tali sondaggi sono stati eseguiti in prossimità del rilevato in oggetto e sono dunque state considerate entrambe.

L'interpretazione delle prove è stata eseguita mediante la correlazione di "*Menzenbach e Malcev*" relative a sabbie medie, la quale definisce il valore del modulo edometrico (espresso in kg/cm^2) secondo la seguente relazione:

$$M = 4.46\ N_{SPT} + 38$$

Tale valore è stato correlato al valore del Modulo di Young mediante la seguente formula ottenuta dalla scienza delle costruzioni:

$$E = M\frac{(1+v)(1-2v)}{(1-v)}$$

Considerando un valore di υ pari a 0.27 per tutti gli strati.

Una volta ottenuto il valore di E per ogni N_{SPT} misurato è stata effettuata una media relativa alla profondità considerata per ogni strato. Si ottengono i valori di *10 e 16.5 MPa* rispettivamente per lo *strato 1 (da 3 a 12 m) e 2 (da 15 a 18 m).*

I calcoli sono riportati nella seguente tabella:

Profondità (m)	N_{SPT}	M (kg/cm2)	E (kg/cm2)
3	14	100,44	80,38
5	16	109,36	87,52
7	10	82,6	66,10
9	29	167,34	133,92
12	34	189,64	151,76
12	16	109,36	87,52
15	38	207,48	166,04
15	34	189,64	151,76
18	42	225,32	180,32
18	48	252,08	201,73

5 ANALISI DEI CARICHI

L'opera è stata sottoposta alle azioni indotte da:

- peso proprio della sovrastruttura
- carichi permanenti portati
- carichi variabili a cui è sottoposta la sovrastruttura
- azione del vento
- azione della neve
- azione sismica

Le precedenti azioni sono combinate secondo le prescrizioni della normativa vigente.

Carichi permanenti

Peso proprio della sovrastruttura

La pavimentazione stradale è costituita da uno strato superficiale, di spessore pari a 10 cm, di *nature stabil road* il cui peso per unità di volume è stato assunto pari a 18 kN/m^3, poggiato sul materiale costituente il rilevato per il quale è stato assunto un peso per unità di volume pari a 18 kN/m^3 (tabella 7.1).

In figura 5.1 è riportato lo *schema tipo* della pavimentazione stradale utilizzata, tale schema è stato inserito in figura 1.1 per evidenziare la geometria della pavimentazione stradale rispetto a quella del rilevato.

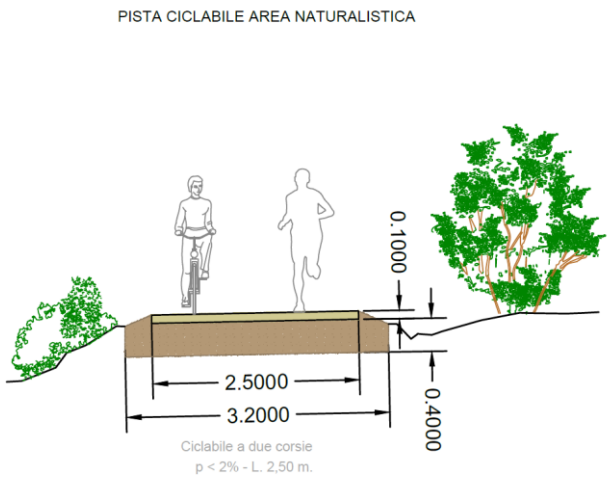


Figura 5.1 – schema pavimentazione pista ciclabile

Peso del corrimano.

Per la pista ciclabile è prevista una staccionata in legno.

Tale staccionata è stata verificata per resistere a un urto, di intensità pari a 1kN applicato a 1 metro di altezza (le azioni sollecitanti relative alla sezione di incastro sono una forza di taglio pari a 1 kN e un momento pari a 1 kNm). In particolare facendo riferimento a una sezione rettangolare di dimensione 100x100 mm, incastrata alla base del terreno.

La trave sarà costituita da legno di conifere o di pioppo classificato C14 da normativa UNI EN 338; il quale è caratterizzato dalle proprietà meccaniche caratteristiche riportata in tabella 18-1 della normativa appena citata e riportata di seguito:

Tabella 18-1-Classi di resistenza secondo EN 338, per legno di conifere e di pioppo

Valori di resistenza modulo elastico e massa volumica		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistenze [MPa]													
flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2
taglio	$f_{v,k}$	1.7	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.8	3.0	3.4	3.8	3.8	3.8
Modulo elastico [GPa]													
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	7	8	9	9.5	10	11	11.5	12	13	14	15	16
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,05}$	4.7	5.4	6.0	6.4	6.7	7.4	7.7	8.0	8.7	9.4	10.0	10.7
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.30	0.32	0.33	0.37	0.38	0.40	0.43	0.47	0.50	0.53
modulo di taglio medio	G_{mean}	0.44	0.50	0.56	0.59	0.63	0.69	0.72	0.75	0.81	0.88	0.94	1.00
Massa volumica [kg/m^3]													
massa volumica caratteristica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
massa volumica media	ρ_m	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550

Tali parametri caratteristici sono stati ridotti mediante i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

- Coefficienti di sicurezza parziali per le proprietà dei materiali relativo a legno massiccio (γ_m=1.5) (D. M. 17.01.2018 tab. 4.4.III);
- Coefficiente k_{mod} per legno massiccio e classe di durata del carico istantaneo (k_{mod}=1.1) (D. M. 17.01.2018 tab. 4.4.IV);
- Coefficienti di sicurezza parziale per le sollecitazioni ($\gamma_{q/g}$=1);

I parametri di calcolo relativi al materiale e alla sezione sono riportati nelle seguenti tabelle:

Parametri del materiale	**Parametri caratteristici (MPa)**	**Parametri di calcolo (MPa)**
Flessione f_m	14,00	10,26
Trazione parallela alla fibra $f_{t,0}$	8,00	5,86
Trazione perpendicolare alla fibra $f_{t,90}$	0,50	0,36
Compressione parallela alla fibra $f_{c,0}$	18,00	13,20
Compressione perpendicolare alla fibra $f_{c,90}$	2,20	1,61
Taglio f_v	2,00	1,46
Modulo medio parallelo alla fibratura $E_{0,mean}$	8000	8000
Modulo parallelo alla fibratura $E_{0,05}$	5400	5400
Modulo medio perpendicolare alla fibratura $E_{90,mean}$	230	230
Modulo di taglio medio G_{mean}	440	440

Parametri della sezione	**Simbolo**	**Valore**	**Unità di misura**
Base della sezione	b	100	mm
Altezza della sezione	h	100	mm
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	L_{0y}	2000	mm
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	L_{0z}	2000	mm
Distanza tra i ritegni torsionali	L_{LT}	1500	mm
Area della sezione	A	10000	mm^2
Momento d'inerzia y - y	I_y	8333333,33	mm^4
Momento d'inerzia z - z	I_z	8333333,33	mm^4
Modulo di resistenza y - y	W_y	166666,667	mm^3
Modulo di resistenza z - z	W_z	166666,667	mm^3
Raggio d'inerzia y	i_y	28,87	mm
Raggio d'inerzia z	i_z	28,87	mm
Snellezze dell'elemento	λ_y	69,28	-
	λ_z	69,28	-
Tensioni critiche euleriane	$\sigma_{c,crit,y}$	11,10	MPa
	$\sigma_{c,crit,z}$	11,10	MPa
Snellezze relative dell'elemento	$\lambda_{rel,y}$	1,273	-
	$\lambda_{rel,z}$	1,273	-
Coefficienti di stabilità	β_c	0,20	-
	k_y	1,408	-
	k_z	1,408	-
	$k_{c,y}$	0,498	-
	$k_{c,z}$	0,498	-
Tensioni limite di calcolo	$k_{c,yfc,0,d}$	7,89	MPa
	$k_{c,zfc,0,d}$	7,89	MPa

Nella seguente tabella sono invece riportate le sollecitazioni e le verifiche effettuate

Parametri sollecitazione	Definizione	Valore	Unità di misura
Massima forza di compressione	$N_{c,Sd}$	0,00	kN
Massima forza di trazione	$N_{t,Sd}$	0,00	kN
Massimo momento flettente	M_{Sd}	1,00	kNm
Massimo taglio	V_{Sd}	1,00	kN
Tensione massima di compressione	$\sigma_{c,0,d} = N_{c,Sd}/A$	0,00	MPa
Tensione massima di trazione	$\sigma_{t,0,d} = N_{t,Sd}/A$	0,00	MPa
Tensione massima a flessione	$\sigma_{m,y,d} = M_{Sd}/W_y$	6,00	MPa
Tensione tangenziale massima	$\tau_d = 1,5\ V_{Sd}/(b\ h)$	0,15	MPa
Tasso di lavoro in compressione	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}\ f_{c,0,d}]$	0,00	-
Tasso di lavoro in trazione	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	0,00	-
Tasso di lavoro a flessione	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0,58	-
Tasso di lavoro a pressoflessione	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}\ f_{c,0,d}]+\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	0,58	-
Tasso di lavoro a taglio	$\tau_d/f_{v,d}$	0,10	-

Dai calcoli effettuati le verifiche risultano soddisfatte in quanto tutti i parametri di verifica risultano inferiori all'unità.

Il peso per unità di volume di una staccionata composta dal materiale appena descritto può variare dai 20 ai 30 kg/m in funzione della geometria dell'opera che corrispondo a 0.02-0.03 kN/m.

Tuttavia, in fase di progetto della presente opera, considerando la vicinanza all'opera "OS01– Attraversamento torrente casale" per il quale è stato previsto l'utilizzo di un corrimano la cui geometria è riportata in figura 5.2 il quale ha un peso decisamente più elevato pari a 100 kg/m corrispondenti a 0.1 kN/m. In favore di sicurezza è stato considerato il peso di quest'ultimo per le verifiche eseguite nel seguito.

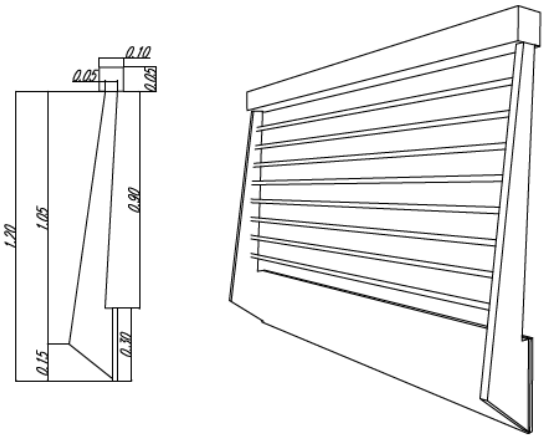


Figura 5.2 – Schema tipo del corrimano

Carichi accidentali

Carichi da folla

Il carico accidentale da folla viene valutato secondo lo schema n. 5 riportato nel D.M. 17.01.2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", par. 5.1.3.3.3.

"*Schema di Carico 5: costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,0 kN/m². Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante.*"

Azione del vento

Il calcolo dell'azione del vento è stato effettuato in ottemperanza alle prescrizioni fornite dalla NTC 2018 al paragrafo 3.3.

I parametri considerati sono i seguenti:

- Zona in cui sorge la costruzione: Zona 3 ($v_{b,0}$=27 m/s; ca=1);
- Coefficiente di ritorno (c_r)=1;
- Pressione cinetica=0.45 kN/m^2;
- Coefficiente di esposizione=2.09 (Categoria D; Classe di esposizione I);
- Coefficiente di pressione=0.74 (Parete verticale faccia sopravento);
- Coefficiente dinamico=1;

Considerando il valore basso a favore di sicurezza è stato applicato il valore massimo distribuito sulla parete verticale dei gabbioni pari a 0.71 kN/m^2.

Azione della neve

Il calcolo del carico neve è stato effettuato in ottemperanza alle prescrizioni fornite dalla NTC 2018 al paragrafo 3.4.

I parametri considerati sono i seguenti:

- Zona di carico neve: 3
- Coefficiente di forma (μ_i): 0.8 (inclinazione compresa tra 0 e 30°);
- Coefficiente di esposizione (C_e): 1;
- Coefficiente termico (C_t): 1.

Il carico neve risulta pari a 0.4 kN/m^2.

Azione sismica

L' azione sismica è stata valutata, come riportato nel par. 7.11.4 del D.M. 17.01.2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

"Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. [...] In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come $F_h=k_h*W$ ed $F_v=k_v*W$."

Dove i coefficienti dell'azione sismica sono definiti come segue:

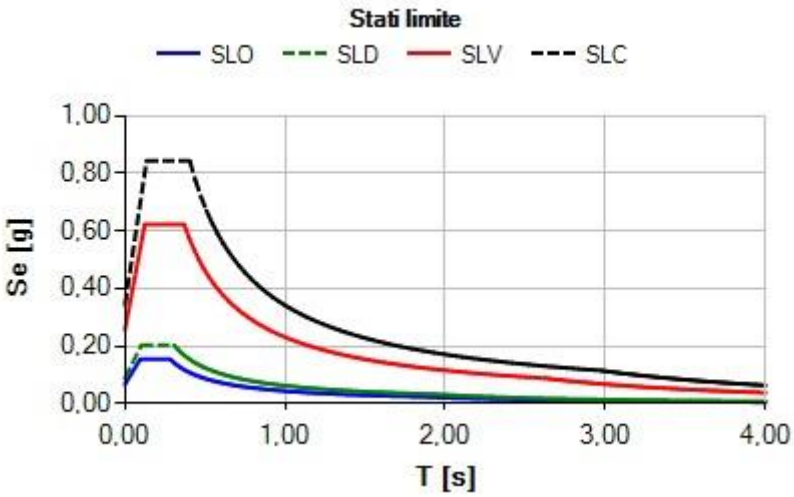
- $k_h=\beta_s*a_{max}/g$
- $k_v=\pm 0.5*k_h$

In cui a_{max} è la massima accelerazione orizzontale attesa nel sito di interesse, e β_s è un coefficiente di riduzione i cui valori, nel caso di rilevati, sono definiti per stato limite ultimo (SLV) e stato limite di esercizio (SLD) e valgono rispettivamente 0.38 e 0.47.

Per la valutazione della massima accelerazione attesa al sito sono stati considerati i seguenti parametri:

Vita della struttura	
Tipo	Opere ordinarie (50-100)
Vita nominale VN [anni]	50.0
Classe d'uso	II
Coefficiente d'uso CU	1.00
Periodo di riferimento VR [anni]	50.0
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite di esercizio - SLD	63%
Probabilità di superamento PVR allo Stato limite ultimo - SLV	10%
Periodo di ritorno TR SLD [anni]	50.0
Periodo di ritorno TR SLV [anni]	475.0
Parametri del sito	
Comune	Gizzeria - (CZ)
Longitudine	16.2017
Latitudine	38.9354
Valori di riferimento del sito	
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLD (TR=50.0)	0.089
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLD (TR=50.0)	2.285

Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T*C [s] - SLD (TR=50.0)	0.306
Accelerazione orizzontale massima del sito Ag/g - SLV (TR=475.0)	0.258
Fattore di amplificazione dello spettro Fo - SLV (TR=475.0)	2.431
Periodo di riferimento di inizio del tratto a velocità costante T*C [s] - SLV (TR=475.0)	0.371
Coefficiente Amplificazione Topografica St	1
Categoria terreno	C
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss (SLV)	1.327
Coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss (SLD)	1.500
Valori di riferimento del sito	
Accelerazione massima (SLV) [g]	0.33929
Accelerazione massima (SLD) [g]	0.13254



6 COMBINAZIONI DI CARICO

Sono state considerate le combinazioni di calcolo atte a massimizzare le azioni variabili sull'opera; come riportato dalle NTC 2018 nel capitolo 2, le cui prescrizioni sono di seguito riportate.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
  $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.1]
- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:
  $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:
  $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \ldots$ [2.5.4]
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:
  $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$ [2.5.5]
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:
  $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \ldots$ [2.5.6]

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$. [2.5.7]

I coefficienti parziali sono definiti al paragrafo 6.2.4.1.1 come segue:

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 (1)	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti

Le verifiche strutturali condotte sui gabbioni in pietrame sono state condotte utilizzando i coefficienti parziali A1+M1+R3, tenuti in conto in maniera automatica dal software utilizzato.

Le verifiche di stabilità globale dell'opera sono state condotte utilizzando la combinazione A2+M2+R2; tali verifiche sono state eseguite per mezzo di un software FEM che non tiene conto della normativa italiana, di conseguenza i parametri in input, sia riguardanti le azioni che le caratteristiche meccaniche dei materiali, sono stati inseriti tenendo conto dei coefficienti parziali.

7 MODELLAZIONE STRUTTURALE

La modellazione strutturale è stata eseguita con l'ausilio di due diversi software, in particolare la stabilità globale dell'opera terreno-struttura è stata eseguita tramite il software FEM Midas GTS NX di CSPFea, mentre le verifiche strutturali del muro di gabbioni è stato utilizzato il software MacStars W 4.0 di Maccaferri.

I parametri geotecnici utilizzati nelle seguenti analisi sono riportati in tabella 7.1:

Tabella 7.1 – Parametri geotecnici

PARAMETRI GEOTECNICI					
Unità geotecnica	γ [kN/m^3]	γ_s [kN/m^3]	c [kPa]	ϕ [°]	E [MPa]
Unità 1	17.0	20.0	1.0	29.0	10.0
Unità 2	18.0	21.0	1.0	32.0	16.5
Materiale per rilevato	18.0	21.0	0.0	38.0	51.0
Pietrame per gabbioni	21.0	24.0	0.0	40.0	140.0

Per quanto riguarda i gabbioni sono stati considerati dei gabbioni senza diaframmi con una maglia rete 6x8 e un diametro del filo pari a 2.7 mm.

Per il materiale del corpo del rilevato il calcolo è stato effettuato considerando un materiale a grana mista con un contenuto di fine tale da non risultare sensibile all'acqua e una permeabilità sufficientemente alta. L'analisi è stata condotta considerando le caratteristiche meccaniche di un terreno appartenente alla categoria A2-4 della normativa UNI 11531-1.

7.1 Verifica strutturale

Le verifiche strutturali relative ai muri di gabbioni sono state eseguite con l'ausilio del software MacStars W 4.0; in questo modo è stato possibile effettuare le verifiche considerando i gabbioni definiti in fase di progetto (capitolo 7). Il modello utilizzato nel programma è riportato in figura 7.2.1; sono rappresentati in maniera grafica i parametri meccanici dei materiali costituenti i vari strati; in particolare, l'unità 1 è rappresentata in verde, l'unità 2 è rappresentata in arancione, il materiale del rilevato è rappresentato in giallo, i gabbioni sono rappresentati in grigio. I parametri utilizzati sono quelli descritti nella tabella 7.1.

Nel modello è stato inserito il terreno del rilevato fino all'altezza del livello stradale considerando che il peso per unità di volume del rilevato e quello della pavimentazione stradale sono uguali.

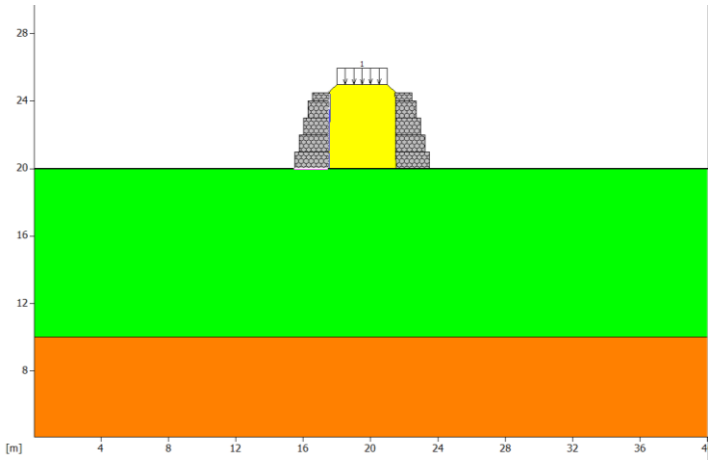


Figura 7.1 – Modello utilizzato

Le verifiche effettuate sulla struttura sono state effettuate considerando i gabbioni come singolo muro e come elementi distinti.

Nel calcolo del carico stradale è stato considerato il pacchetto stradale per una profondità di 1 metro.

Per le verifiche sono stati applicati i carichi dovuti alle condizioni più gravose, i quali sono risultati i seguenti.

Condizione statica:

- Carico stradale: (1.3 - 1) x 18 kN/m^3 x 1 m=5.4 kN/m^2;
- Carico folla: 1.5 x 5 kN/m^2= 7.5 kN/m^2;
- Carico neve: 1.5 x 0.5 x 0.4 kN/m^2= 0.3 kN/m^2;

Condizione sismica:

- Carico folla: 0.6 x 5 kN/m^2= 3 kN/m^2;
- Azione pseudostatica dovuta al sisma

I valori del fattore di sicurezza ottenuti dalle analisi effettuate sono sintetizzati in tabella 7.2; per i calcoli completi si rimanda al capitolo "Allegati: Relazioni di calcolo" per le relazioni di calcolo complete.

I calcoli sono stati eseguiti considerando i vari livelli di gabbioni come dei muri a sé stanti; verificando quindi la stabilità su 5 diversi muri e sulle interfacce conseguenti. In figura 8.2 sono rappresentati i muri considerati nel calcolo rispetto alla geometria dell'opera.

Come si evince dalla seguente tabella i valori dei fattori di sicurezza sono sufficientemente alti in per ogni sezione del muro considerata.

Sono stati calcolati inoltre i valori della capacità portante della fondazione del muro e il fattore di sicurezza risulta essere pari a **2.32** in condizione statica e **1.32** in condizione sismica; di conseguenza le verifiche risultano soddisfatte.

Tabella 7.2 – Risultati fattori di sicurezza

Verifiche	Condizione statica		Condizione sismica	
Stabilità	**Scorrimento**	**Ribaltamento**	**Scorrimento**	**Ribaltamento**
Muro 1	1.92	2.67	1.30	2.46
Muro 2	3.03	2.89	2.02	2.79
Muro 3	3.31	3.25	2.16	3.39
Muro 4	3.76	3.91	2.39	4.62
Muro 5	4.34	5.24	2.70	7.81
Interfaccia	**Taglio**	**Schiacciamento**	**Taglio**	**Schiacciamento**
Interfaccia 1	4.23	8.66	2.61	5.76
Interfaccia 2	4.67	10.79	2.85	8.51
Interfaccia 3	5.45	14.47	3.28	10.73
Interfaccia 4	7.08	22.82	4.17	21.85
Interfaccia 5	17.95	66.09	10.76	68.35

7.2 Verifica stabilità globale

Per la verifica della stabilità globale è stato generato tramite il software Midas GTS NX un modello FEM, a cui è stato applicato lo Strenght Reduction Method (SRM) per valutare il fattore di sicurezza del complesso terreno struttura. Tale metodo consiste nel ridurre i parametri meccanici del terreno fino alla formazione di una superficie di scivolamento.

In particolare il metodo in maniera iterativa riduce il valore della coesione e della tangente dell'angolo di resistenza a taglio e valuta la convergenza o la non convergenza del modello. In questo modo si arriva a definire il minimo valore del fattore riduttivo che comporta il non raggiungimento dell'equilibrio, ottenendo il fattore di sicurezza del complesso.

7.2.1 Modello

La geometria del modello utilizzato è riportata nelle figure 7.2 e 7.3, dove sono rappresentati con diversi colori le proprietà meccaniche dei materiali costituenti i vari strati.

In particolare, l'unità 1 è rappresentata in verde, l'unità 2 è rappresentata in arancione, il materiale del rilevato è rappresentato in giallo, il pietrame di riempimento per i gabbioni in grigio, e infine, le reti metalliche dei gabbioni sono rappresentate in rosso.

L'analisi è stata condotta considerando la combinazione di calcolo A2+M2+R2.

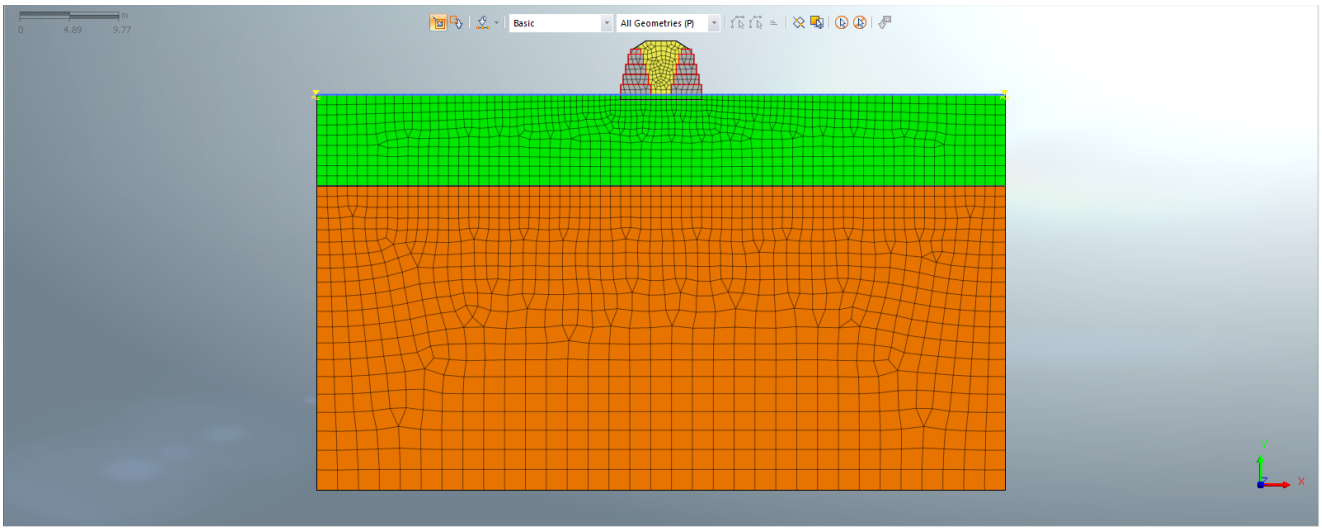


Figura 7.2 – Geometria del modello utilizzata

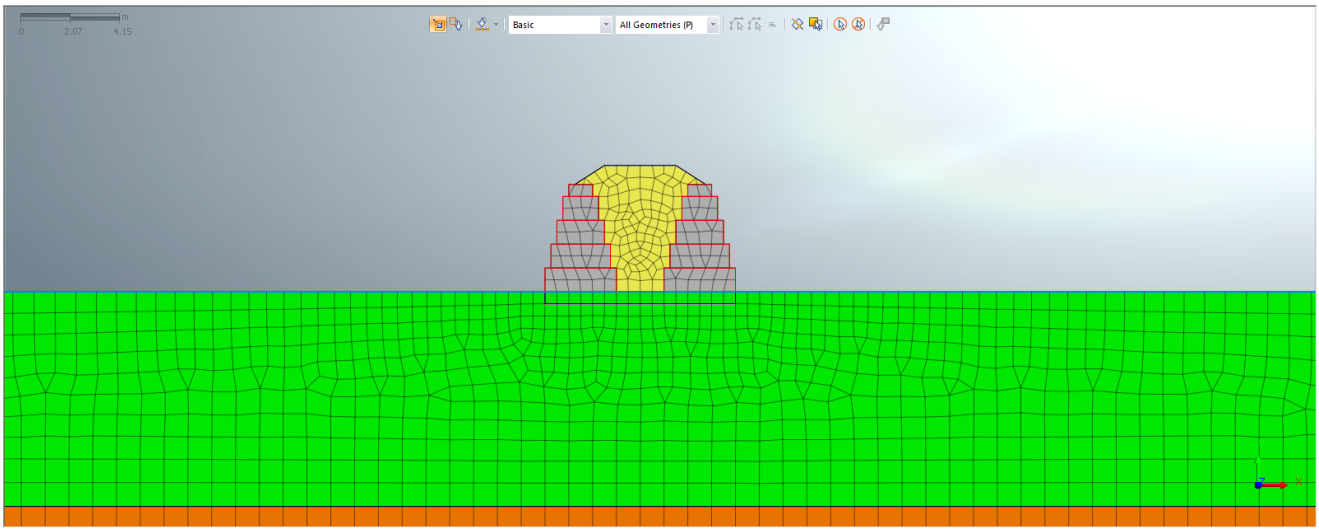


Figura 7.3 – Particolare sul modello della struttura

Il modello è stato generato sotto l'ipotesi di stato di deformazione piana.

Le unità costituenti il terreno, il materiale del rilevato, il materiale di riempimento dei gabbioni e il misto cementato sono quindi stati modellati con degli elementi mesh 2D che rispettassero l'ipotesi appena descritta, caratterizzandone il comportamento con un modello costitutivo elasto-plastico alla Mohr-Coulomb, i cui valori sono riportati in tabella 7.1; a eccezione del materiale relativo al misto cementato il quale è stato modellato come materiale strutturale con modulo elastico di 2,2 GPa.

Le reti metalliche dei gabbioni sono state invece modellate con elementi mesh 1D (elementi beam) caratterizzati da una sezione il cui diametro è stato definito in maniera da essere equivalente a quello della maglia scelta per la rete.

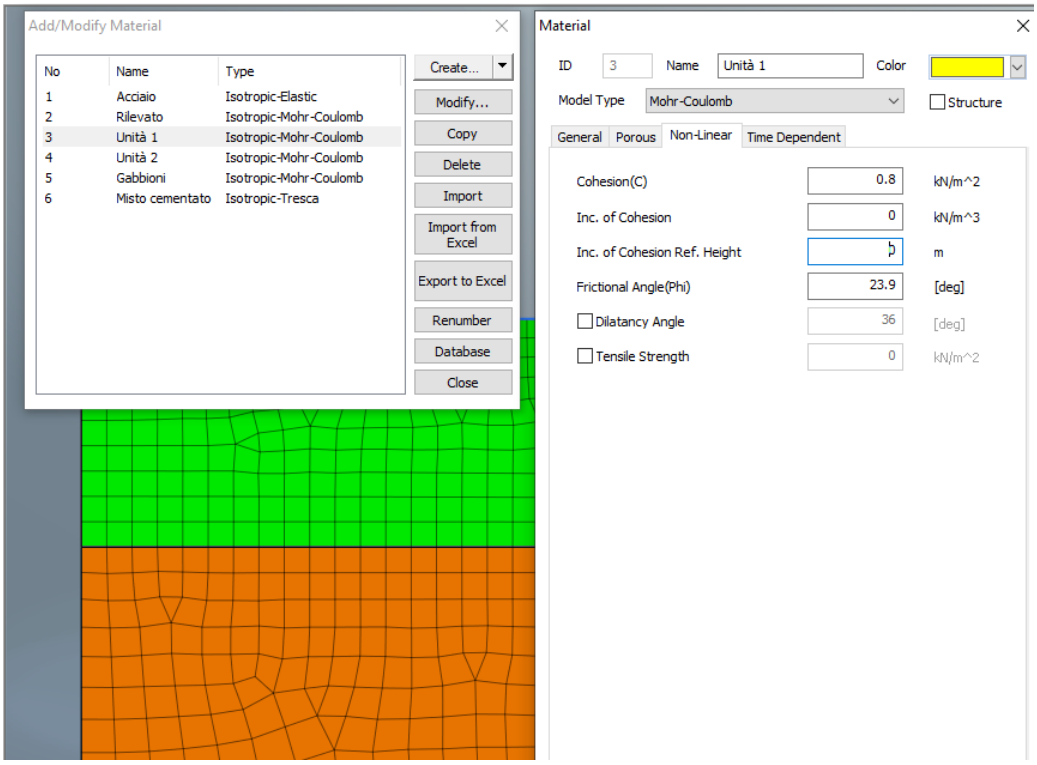


Figura 7.4 – Definizione proprietà materiali

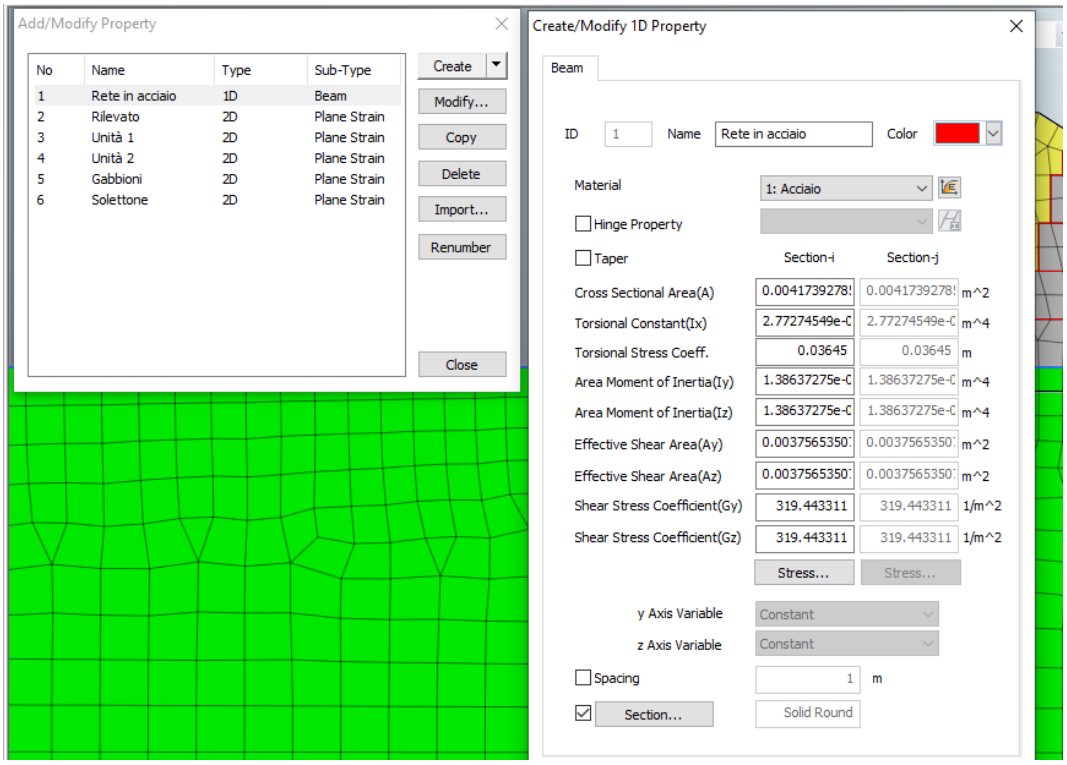


Figura 7.5 – Definizione proprietà elementi

Le verifiche alla stabilità sono state condotte sia in condizioni sismiche che statiche per gli stati limite ultimi (rispettivamente SLU e SLV) e quelli di esercizio (SLE e SLD).

Come accennato nel precedente paragrafo è stato modellato il terreno fino al livello della pavimentazione stradale considerando il fatto che è stato considerato lo stesso peso per unità di volume della pavimentazione e del terreno costituente il rilevato.

Carichi utilizzati

Di seguito vengono riportati i carichi applicati nell'analisi per ogni condizione di carico analizzata.

SLU

- Carico stradale: 0.3 x 18 kN/m^2 x 1 m = 5.4 kN/m;
- Carico folla: 1.3 x 5 kN/m = 6.5 kN/m^2;
- Carico neve: 1.3 x 0.5 x 0.4 kN/m2 = 0.26 kN/m;
- Corrimano: 1.3 x 0.1 kN = 0.13 kN
- Vento: 0.6 x 1.3 x 0.71 kN/m = 0.55 kN/m

SLE

- Carico folla: 5 kN/m = 5 kN/m;
- Carico neve: 0.5 x 0.4 kN/m2 = 0.2 kN/m;
- Corrimano: 0.1 kN = 0.1 kN
- Vento: 0.6 x 0.71 kN/m = 0.43 kN/m;

SLV

- Carico folla: 0.6 x 5 kN/m = 3 kN/m;
- Corrimano: 1 x 0.1 kN = 0.1 kN

Azione pseudo-statica dovuta al sisma.

SLD

- Carico folla: 0.6 x 5 kN/m = 3 kN/m;
- Corrimano: 1 x 0.1 kN = 0.1 kN

Azione pseudo-statica dovuta al sisma.

A titolo di esempio vengono riportati il modello dei carichi applicati per la combinazione allo SLU e l'applicazione delle azioni pseudo-statiche dovute al sisma, considerando la componente sia verso l'alto che verso il basso.

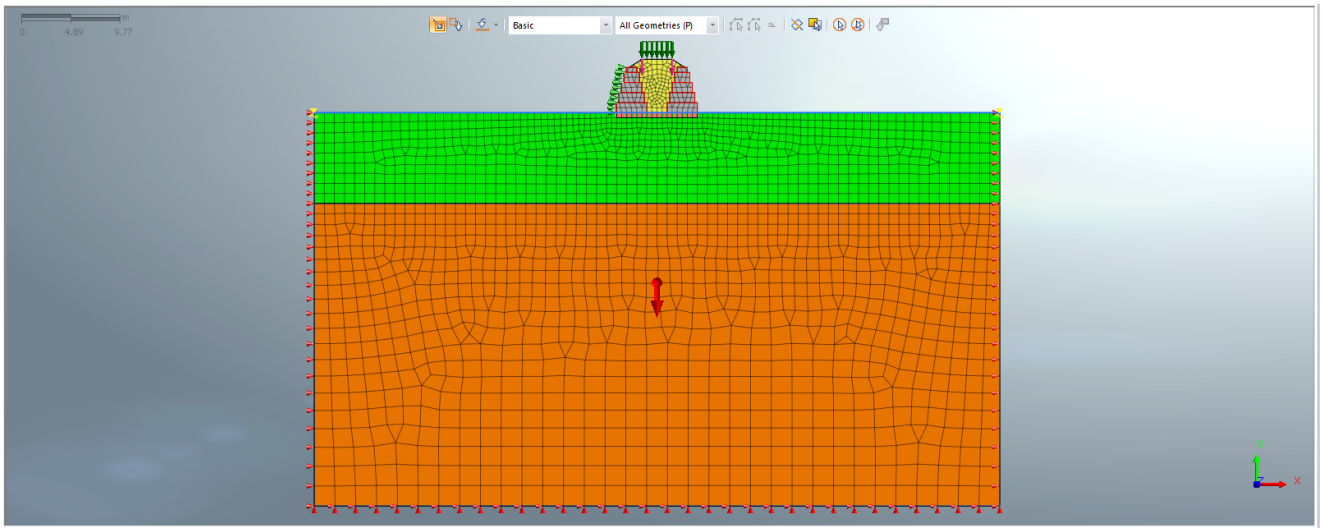


Figura 7.6 – Modello con condizione di carico allo SLU

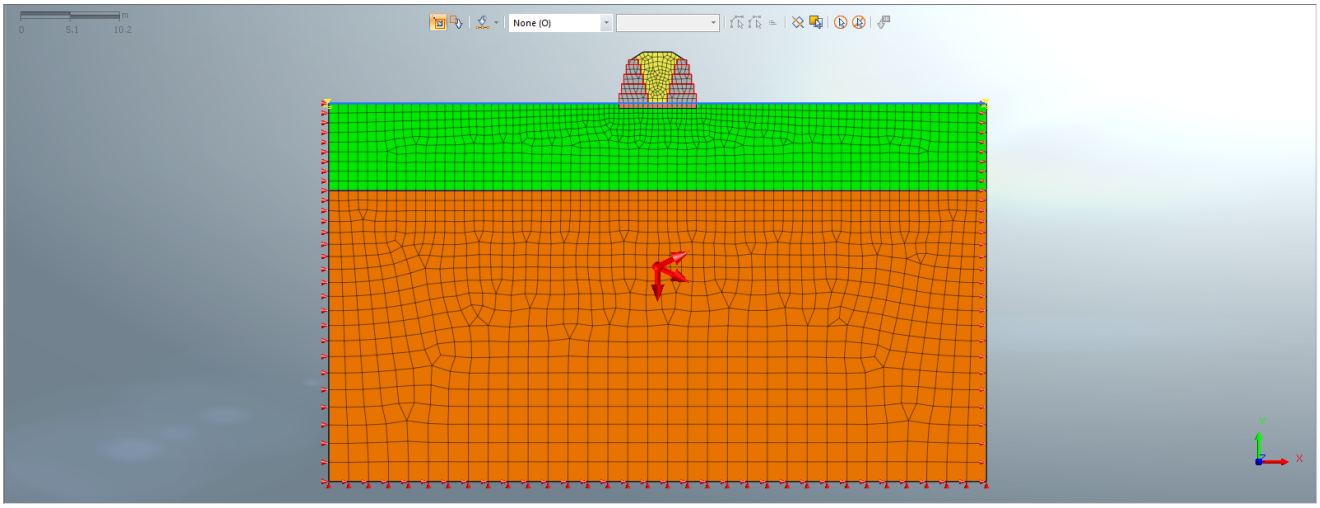


Figura 7.7 – Applicazione azione sismica come forza inerziale pseudostatica

7.2.2 Risultati

SLU

L'analisi di stabilità allo SLU è stata condotta considerando la combinazione A2+M2+R2, riducendo i parametri meccanici dei materiali considerati con i fattori riduttivi definiti dalla normativa (NTC 2018) nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

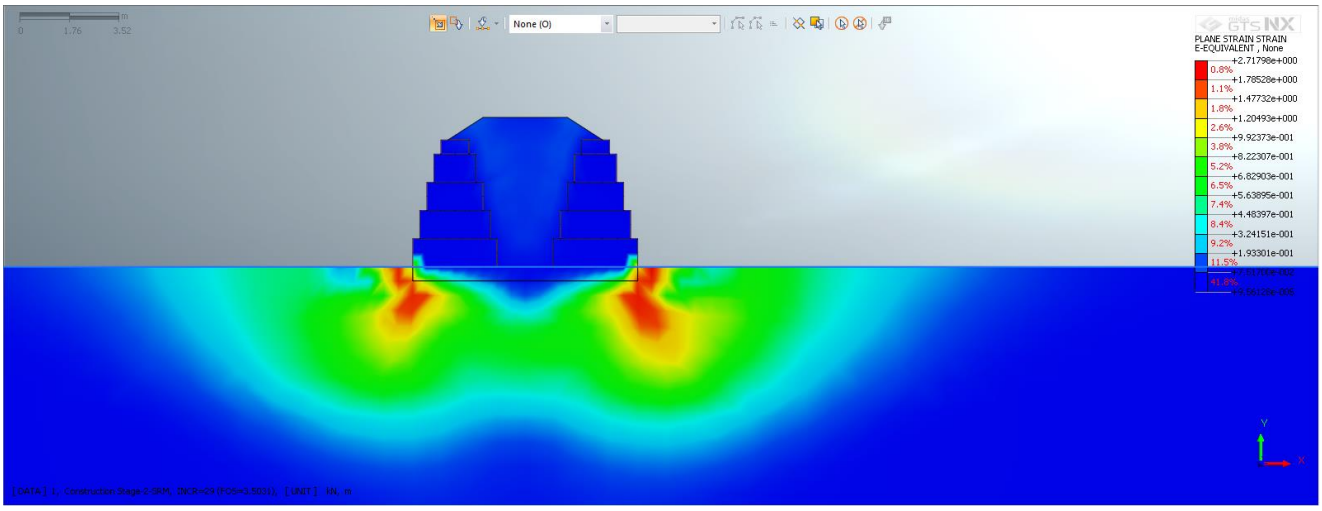


Figura 7.8 – Analisi fattore di sicurezza SLU

Dalla precedente figura si può osservare come la superficie di rottura calcolata dal programma sia coerente in termini di forma con quella che ci si aspetta una volta costruito uno strato di misto cementato; inoltre il fattore di sicurezza calcolato (FS) è risultato essere pari a **3.50** rispettando il valore minimo richiesto.

SLV

In maniera analoga a quanto fatto per la verifica allo SLU è stata eseguita l'analisi in condizione sismica.

In particolare in questo caso come riportato dalla normativa al paragrafo 7.11.4 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri meccanici sono posti pari a 1.

In questo caso è stato necessario eseguire 2 analisi distinte considerando la componente verticale del sisma in entrambi i versi, in quanto non è possibile a priori definire quale delle due configurazioni risulti maggiormente instabile.

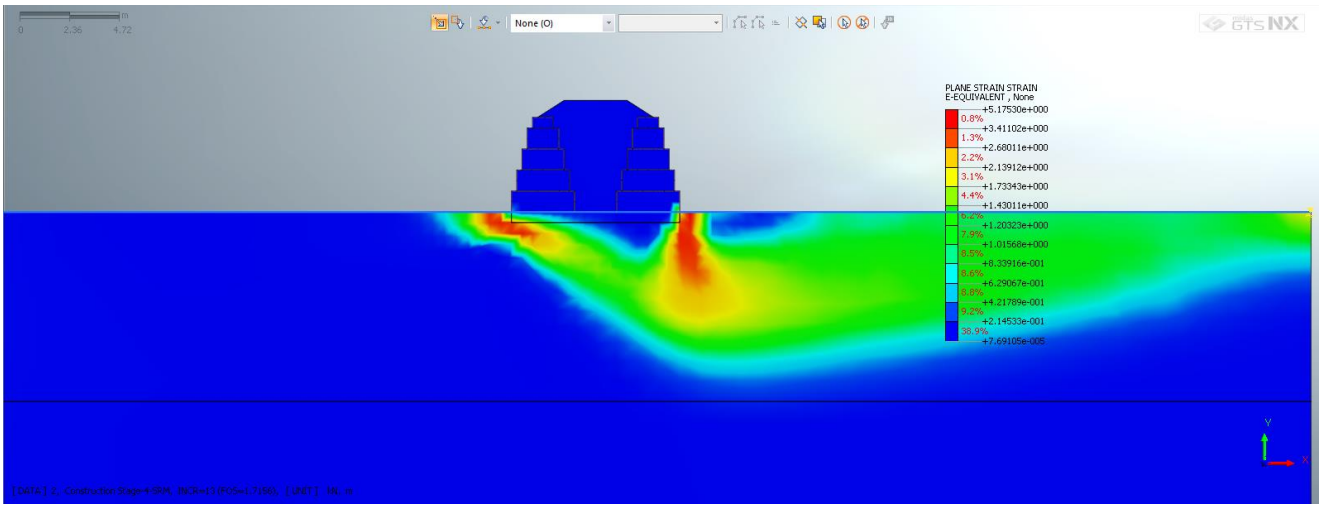


Figura 7.9 – Analisi fattore di sicurezza SLV, componente verticale verso l'alto

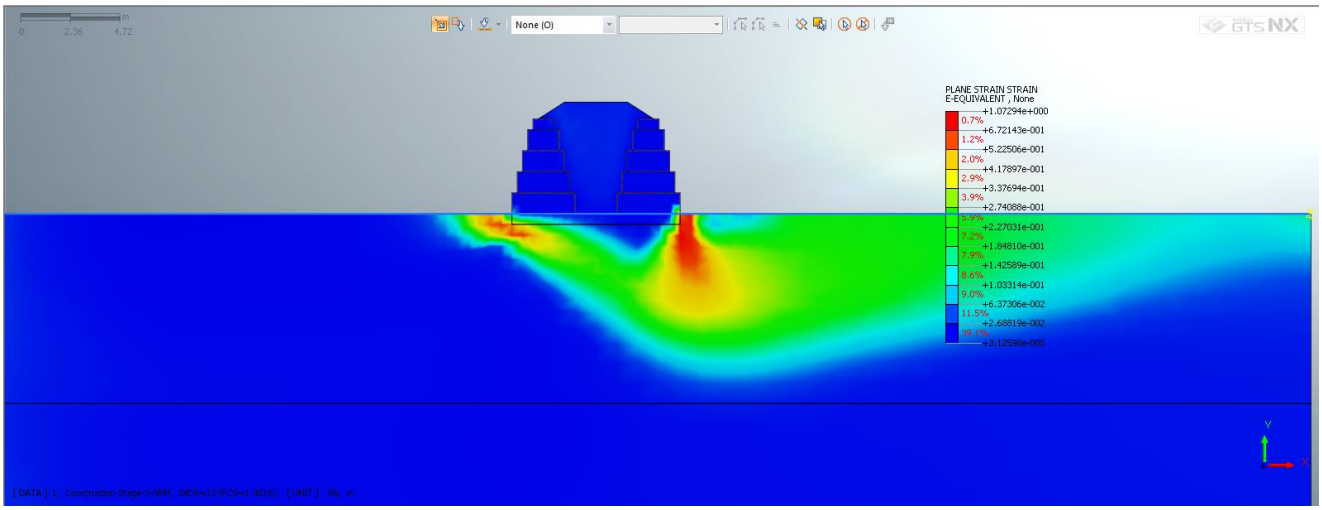


Figura 7.10 – Analisi fattore di sicurezza SLV, componente verticale verso il basso

Come si evince dalle figure 7.9 e 7.10 la superficie di scivolamento definita dall'analisi, oltre ad avere un andamento coerente con quello che ci si aspetta da questo tipo di problema, rimane abbastanza simile a prescindere dal verso della componente verticale del sisma. Tuttavia il fattore di sicurezza risulta essere leggermente inferiore nel caso in cui la componente del sisma è rivolta verso l'alto (**FS=1.72**) rispetto al caso in cui quest'ultima è rivolta verso il basso (**FS=1.90**). In entrambi i casi tuttavia il fattore di sicurezza è sufficiente e le verifiche risultano soddisfatte.

SLE

Il caso dello stato limite di esercizio è stato analizzato per valutare i cedimenti massimi subiti dall'opera. Tali cedimenti devo essere coerenti con quanto prescritto dalle NTC 2018 al paragrafo 6.8.3 *"devono essere valutati gli spostamenti del manufatto e del terreno circostante, dovuti alla deformazione dei terreni di fondazione e dell'opera, per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità dei manufatti adiacenti."*

In particolare è stato fatto riferimento *"Manuale di progettazione delle opere civili Parte II – Sezione 3: Corpo stradale"* di RFI per le opere in terra, il quale al paragrafo 3.8.1.3.4.2 relativamente alle verifiche agli SLE definisce come limite per i cedimenti residui ovvero, quelli subiti dall'opera una volta completato il programma di costruzione della stessa, *"siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici totali e siano comunque inferiori a 5 cm"*.

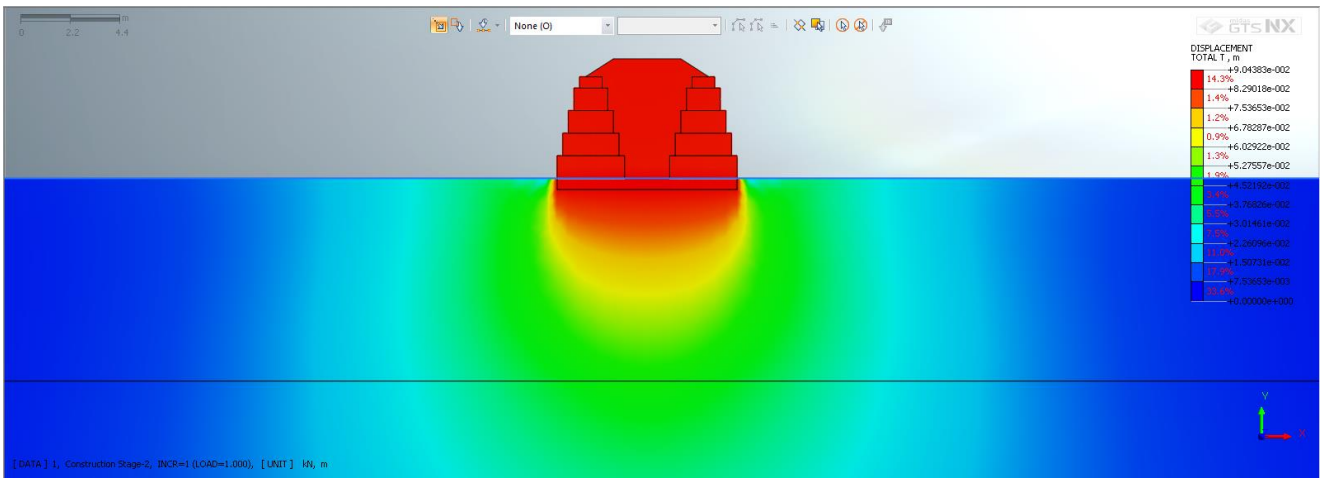


Figura 7.11 – Cedimenti a fine costruzione rilevato

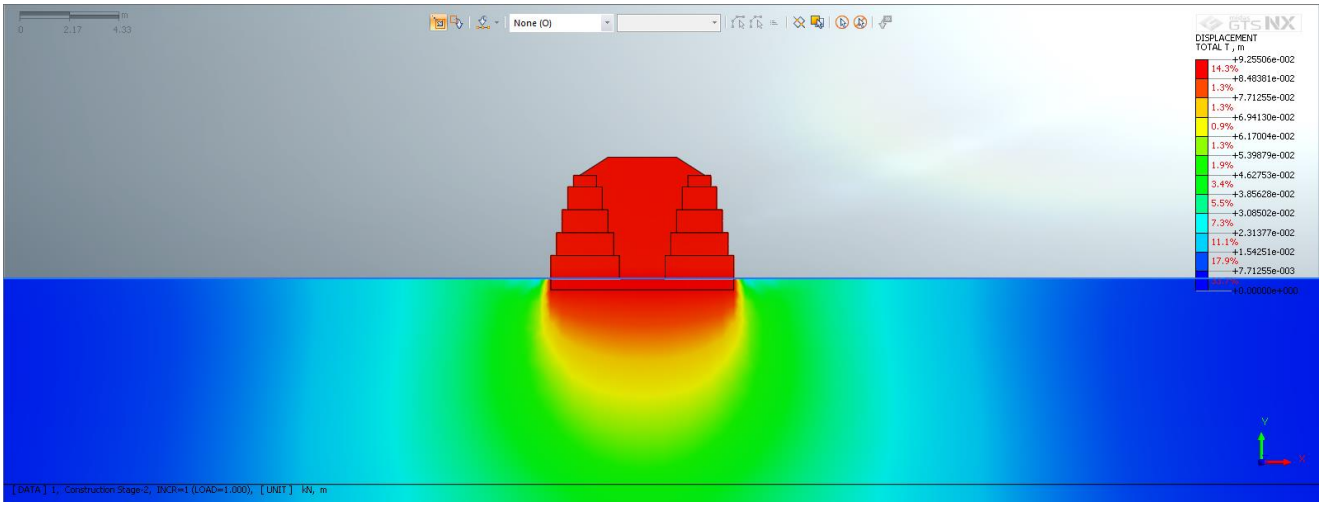


Figura 7.12 – Risultati in termini di cedimenti SLE

Dall' analisi effettuata è risultato un cedimento massimo pari a 9.25 cm, dei quali 9.04 cm sono relativi alla costruzione del rilevato stesso, e considerando la granulometria e la conducibilità idraulica dei materiali costituenti il terreno questi saranno estinti prima della messa in opera del rilevato.

I cedimenti residui dovuti ai carichi di esercizio risultano essere pari a 0.19 cm quindi perfettamente compatibili con quanto richiesto dal manuale RFI.

N.B.: I risultati appena descritti sono basati su parametri geotecnici ottenuti da indagini indirette. Per garantire la bontà dei risultati ottenuti devono essere previste prove in sito in fase operativa In particolare devono essere previste prove per confermare i valori dei moduli elastici utilizzati in fase di calcolo, dai quali sono stati ottenuti i valori dei cedimenti.

8 ALTRE VERIFICHE

Verifiche idrauliche

Considerata la geometria del problema si possono escludere le verifiche nei confronti degli stati limite idraulici definiti dalla normativa al punto 6.2.4.2.

In particolare, la non presenza di un moto di filtrazione con componente velocità prevalente verso l'alto non permette la formazione del fenomeno del sifonamento; mentre la realizzazione del misto cementato a una profondità di circa 0.5 m non permette la formazione del fenomeno del sollevamento, anche ipotizzando la falda a piano campagna.

Verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione riportata nell'elaborato "GE00REL01B – Relazione geologico-tecnica e sismica", la quale mostra uno strato potenzialmente liquefacibile a profondità comprese tra 7 e 12 m, è stata eseguita considerando un sovraccarico di 30kPa esteso su un'area di base pari a 4.7 metri e lunghezza pari a 10 metri.

Il sovraccarico reale dovuto alla presenza del rilevato in prossimità del ponte è decisamente maggiore, infatti considerando una lunghezza di 10 metri la base del rilevato è pari a 8 metri e il sovraccarico medio è pari a circa 100 kPa.

Considerando tale differenza e considerando che il valore dei fattori di sicurezza a liquefazione calcolati erano molto prossimi al valore limite definito da normativa affinchè la verifica sia superata (1.2), non risulta necessario prevedere ulteriori opere.

9 VALIDAZIONE DEI PROGRAMMI DI CALCOLO.

9.1 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

- **Midas GTS NX U001-10433 – programma di calcolo agli elementi finiti**
- **MacStars W 4.0 – programma per la verifica di stabilità di opere di sostegno in gabbioni e terre rinforzate.**

9.2 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo dei software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dai produttori dei software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. L'affidabilità e la robustezza dei codici di calcolo sono garantite attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

9.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente dei software. Sono stati effettuati controlli e verifiche sull'equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

10 ALLEGATO: RELAZIONI DI CALCOLO

Di seguito sono riportati i seguenti tabulati di calcolo:

- Verifiche strutturali condizioni statiche;
- Verifiche strutturali condizioni sismiche.

MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018
_Verifiche di sicurezza (SLU)

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI 2
PROFILI STRATIGRAFICI 3
PROFILI FALDE FREATICHE 3
MURI IN GABBIONI 3
Muro : 1 3
Muro : 2 4
CARICHI 4
VERIFICHE MURO 1 4
Verifica come muro di sostegno (muro 1): 5
VERIFICHE MURO 2 7
Verifica di resistenza interna muro 2: 7
VERIFICHE MURO 3 8
Verifica di resistenza interna muro 3: 8
VERIFICHE MURO 4 9
Verifica di resistenza interna muro 4: 9
VERIFICHE MURO 5 10
Verifica di resistenza interna muro 5: 10
VERIFICHE INTERFACCIA 1 10
Verifica di stabilità interna interfaccia 1: 11
VERIFICHE INTERFACCIA 2 11
Verifica di stabilità interna interfaccia 2: 12
VERIFICHE INTERFACCIA 3 12
Verifica di stabilità interna interfaccia 3: 13
VERIFICHE INTERFACCIA 4 13
Verifica di stabilità interna interfaccia 4: 14
VERIFICHE INTERFACCIA 5 14
Verifica di stabilità interna interfaccia 5: 15

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : G Descrizione : Gabbioni
Classe coesione: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione [kN/m²] : 0.00
Classe d'attrito: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito [°] : 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Classe di peso: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 21.00
Peso specifico in falda [kN/m³] : 24.00

Modulo elastico [kN/m²] : 30000.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno : R Descrizione : Rilevato
Classe coesione: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione [kN/m²] : 0.00
Classe d'attrito: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito [°] : 38.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Classe di peso: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 18.00
Peso specifico in falda [kN/m³] : 21.00

Modulo elastico [kN/m²] : 21000.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno : U1 Descrizione : Unità 1
Classe coesione: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione [kN/m²] : 1.00
Classe d'attrito: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito [°] : 29.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Classe di peso: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 17.00
Peso specifico in falda [kN/m³] : 20.00

Modulo elastico [kN/m²] : 16000.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno : U2 Descrizione : Unità 2
Classe coesione: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione [kN/m²] : 1.00
Classe d'attrito: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito [°] : 32.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Classe di peso: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 18.00
Peso specifico in falda [kN/m³] : 19.50

Modulo elastico [kN/m²] : 21000.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: B Descrizione: Strato di base
Terreno : U2

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
0.00	10.00	40.00	10.00				

Strato: R Descrizione: Rilevato
Terreno : R

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
17.50	24.50	18.00	25.00	21.00	25.00	21.50	24.50

Strato: T1 Descrizione: Strato superficiale
Terreno : U1

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
0.00	20.00	17.50	20.00	18.00	20.00	20.50	20.00
21.00	20.00	40.00	20.00				

PROFILI FALDE FREATICHE

Falda: F1 Descrizione:

X [m]	Y [m]	Y [m]	P [kN/m²]	X [m]	Y [m]	Y [m]	P [kN/m²]
0.00	20.00	20.00		40.00	20.00	20.00	

MURI IN GABBIONI

Muro : 1
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 15.50 Ordinata.....= 20.00
Rotazione muro..... [°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: G
Terreno di riempimento a tergo.....: R
Terreno di copertura.....: R
Terreno di fondazione.....: U1

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m³]
1	2.00	1.00	0.00	72.59
2	1.75	1.00	0.25	72.59
3	1.50	1.00	0.50	72.59
4	1.25	1.00	0.75	72.59
5	1.00	0.50	1.00	105.95

Gabbioni senza diaframmi
Maglia 8x10 Diametro filo 2,7 [mm]
Classe Pu : Pu

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof
Affondamento fondazione.....[m] : 0.50
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Profilo di ricopertura:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
16.50	24.50						

Profilo di sbancamento:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
16.50	20.00						

Muro : 2

Coordinate Origine [m] : Ascissa = 23.50 Ordinata = 20.00
Rotazione muro [°] = 0.00

Materiale riempimento gabbioni : G
Terreno di riempimento a tergo : R
Terreno di copertura : R
Terreno di fondazione : U1

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m³]
1	2.00	1.00	0.00	91.23
2	1.75	1.00	0.25	91.23
3	1.50	1.00	0.50	91.23
4	1.25	1.00	0.75	91.23
5	1.00	0.50	1.00	139.30

Gabbioni senza diaframmi
Maglia 6x8 Diametro filo 2,7 [mm]
Classe Pu : Pu

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof
Affondamento fondazione [m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle [°] : 0.00

Profilo di ricopertura:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
22.50	21.50						

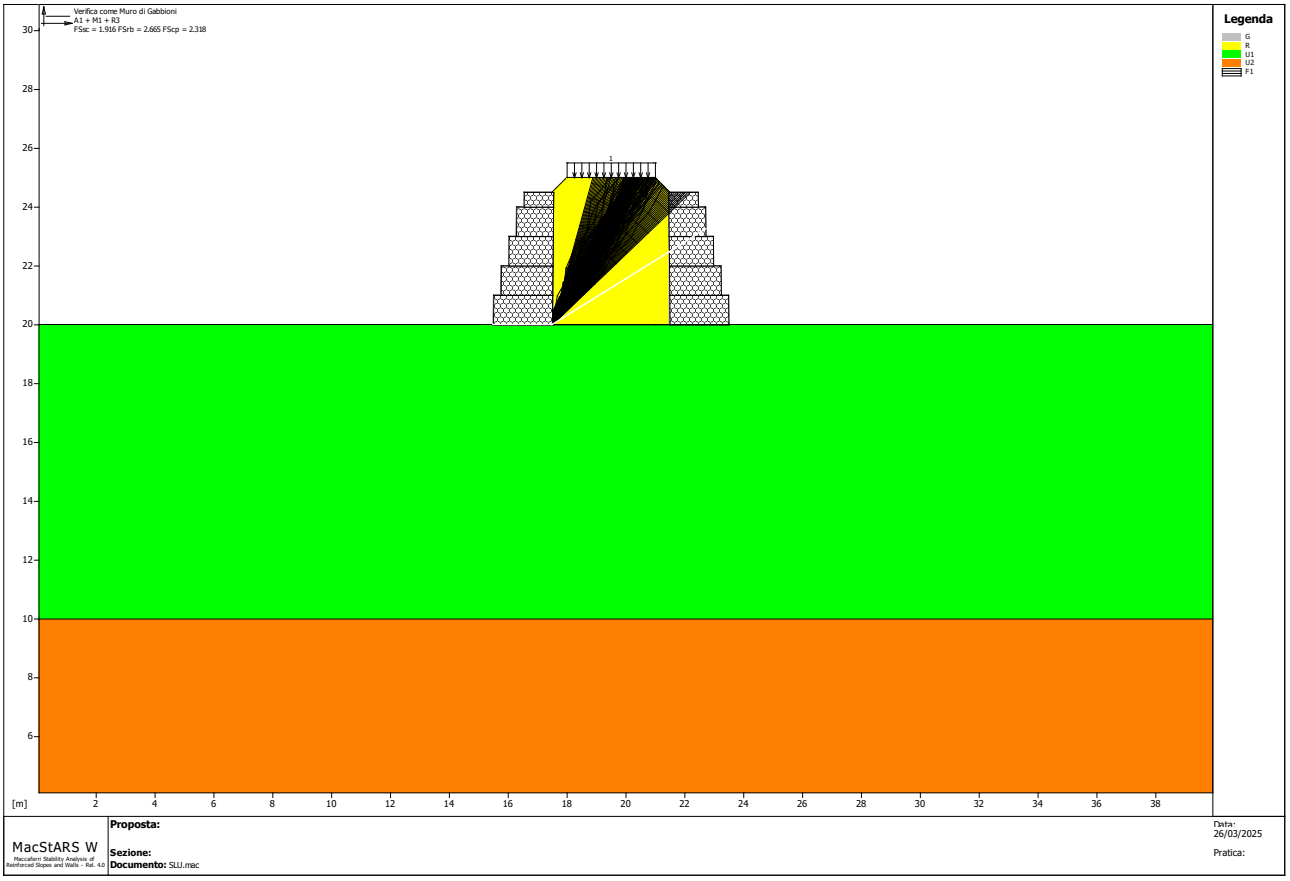
Profilo di sbancamento:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
21.50	20.00						

CARICHI

Pressione : 1 Descrizione : Carico
Classe : Permanente - favorevole
Intensità [kN/m²] = 13.20 Inclinazione [°] = 0.00
Ascissa [m] : Da = 18.00 To = 21.00

VERIFICHE MURO 1



Verifica come muro di sostegno (muro 1):

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3
Stabilità verificata sul blocco : 1

Forza Stabilizzante	[kN/m]	:	103.61
Forza Instabilizzante	[kN/m]	:	49.15
Classe scorrimento	: Coeff. parziale R - Scorrimento		
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento		:	1.916
Momento Stabilizzante	[kN*m/m]	:	285.69
Momento Instabilizzante	[kN*m/m]	:	93.22
Classe momento	: Coeff. parziale R - Ribaltamento		
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento		:	2.665

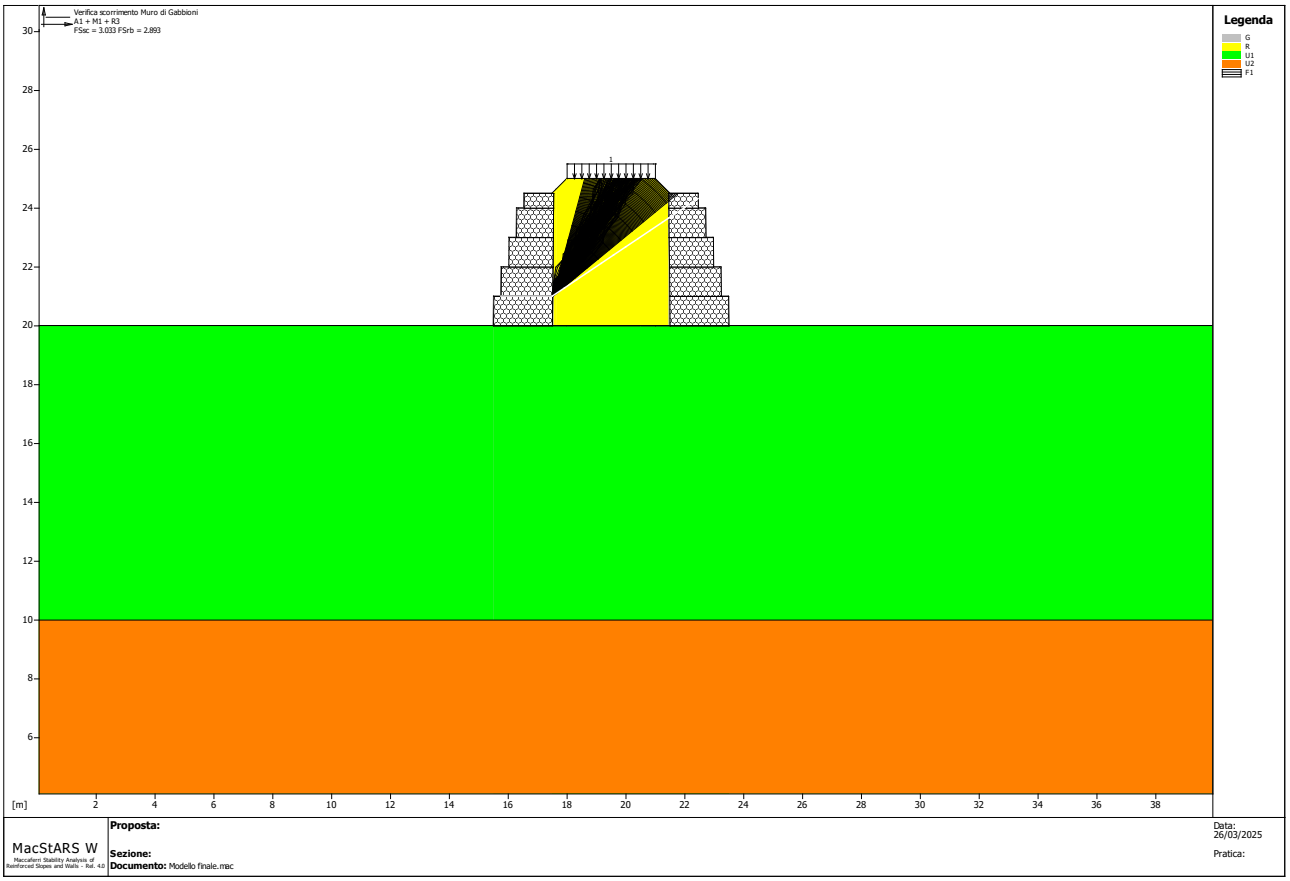
Pressione ultima calcolata con Meyerhof.

Pressione ultima	[kN/m²]	:	297.37
Pressione media agente	[kN/m²]	:	91.65
Classe pressione	: Coeff. parziale R - Capacità portante		
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante		:	2.318
Fondazione equivalente	[m]	:	2.00
Eccentricità forza normale	[m]	:	0.00
Braccio momento	[m]	:	1.90
Forza normale	[kN]	:	183.30
Pressione estremo di valle	[kN/m²]	:	91.65
Pressione estremo di monte	[kN/m²]	:	91.65

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante

1.15 Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE MURO 2

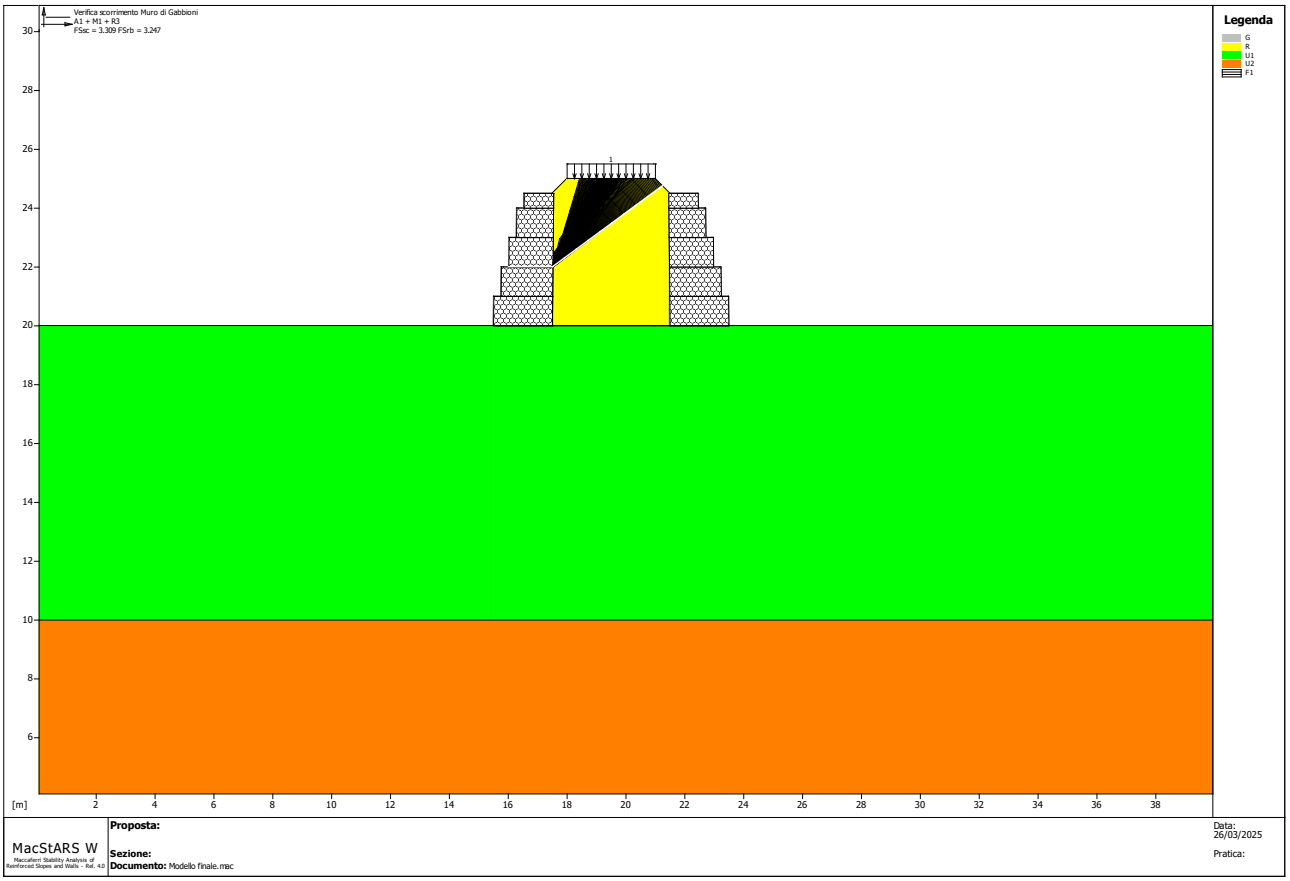


Verifica di resistenza interna muro 2:

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3
Stabilità verificata sul blocco : 1
Forza Stabilizzante.....[kN/m]....: 108.30
Forza Instabilizzante.....[kN/m]....: 32.46
Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.033
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]....: 170.13
Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]....: 51.14
Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 2.893

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE MURO 3

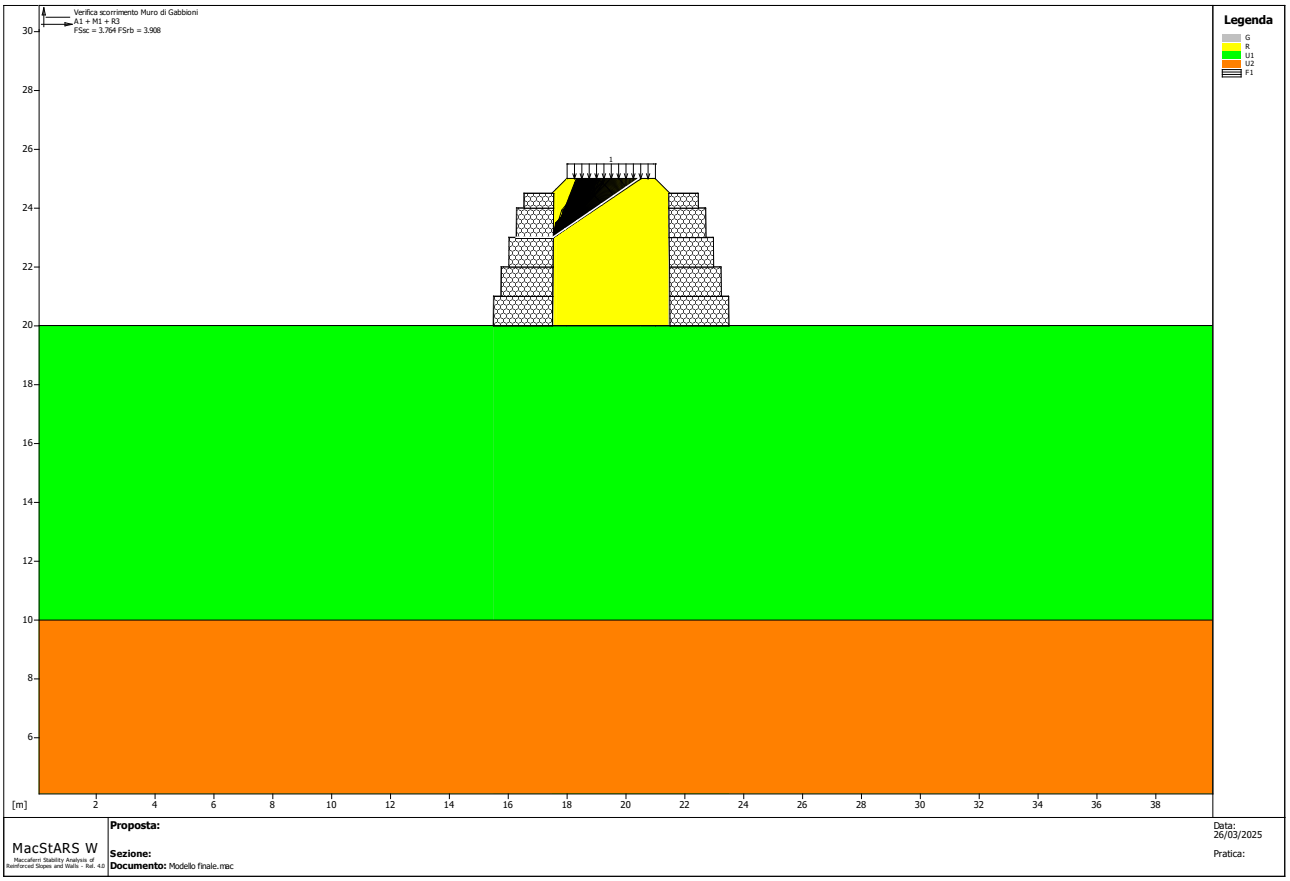


Verifica di resistenza interna muro 3:

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3
Stabilità verificata sul blocco : 1
Forza Stabilizzante.....[kN/m]....: 69.18
Forza Instabilizzante.....[kN/m]....: 19.01
Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.309
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]....: 88.96
Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]....: 23.82
Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 3.247

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE MURO 4

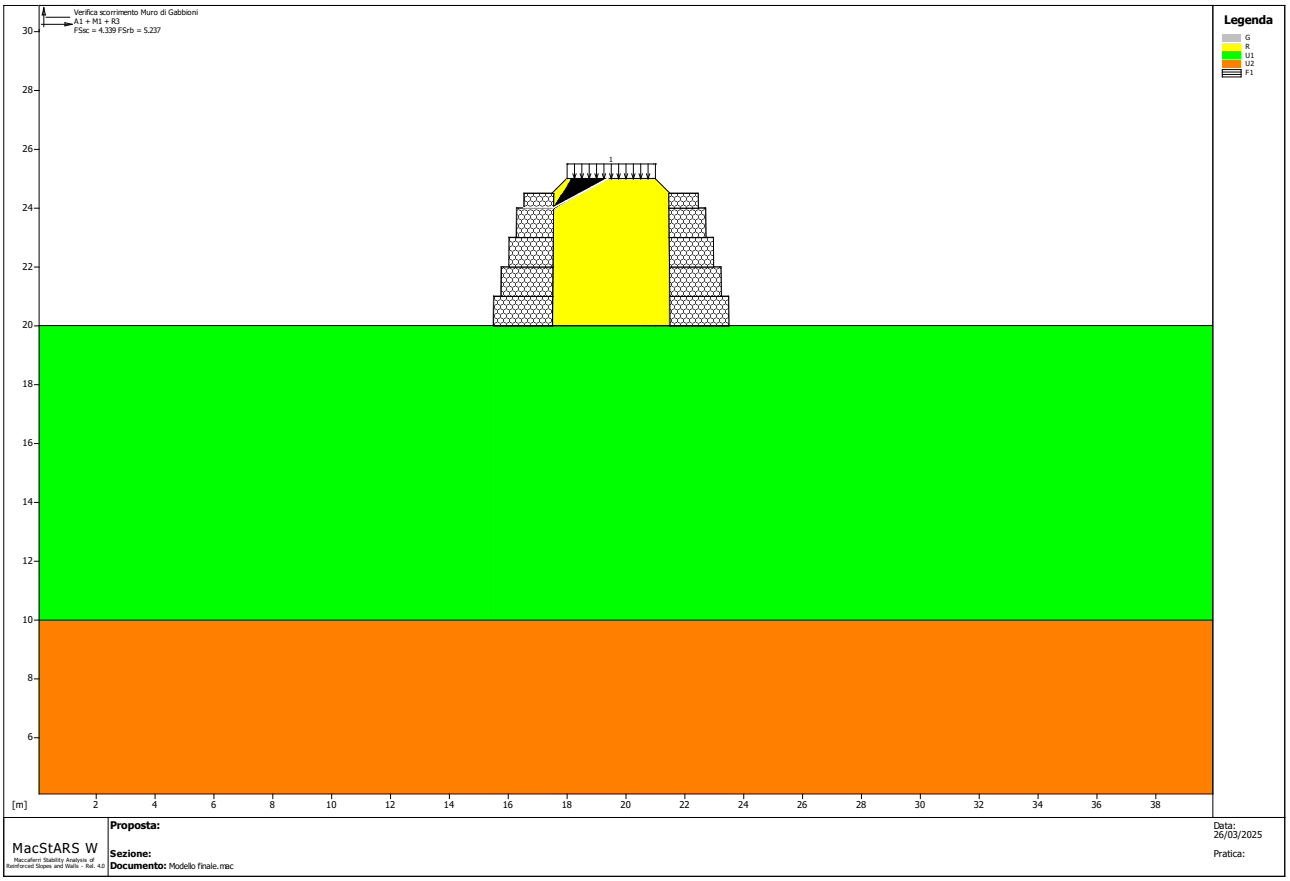


Verifica di resistenza interna muro 4:

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3
Stabilità verificata sul blocco : 1
Forza Stabilizzante.....[kN/m]....: 36.41
Forza Instabilizzante.....[kN/m]....: 8.79
Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 3.764
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]....: 36.62
Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]....: 8.15
Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 3.908

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE MURO 5

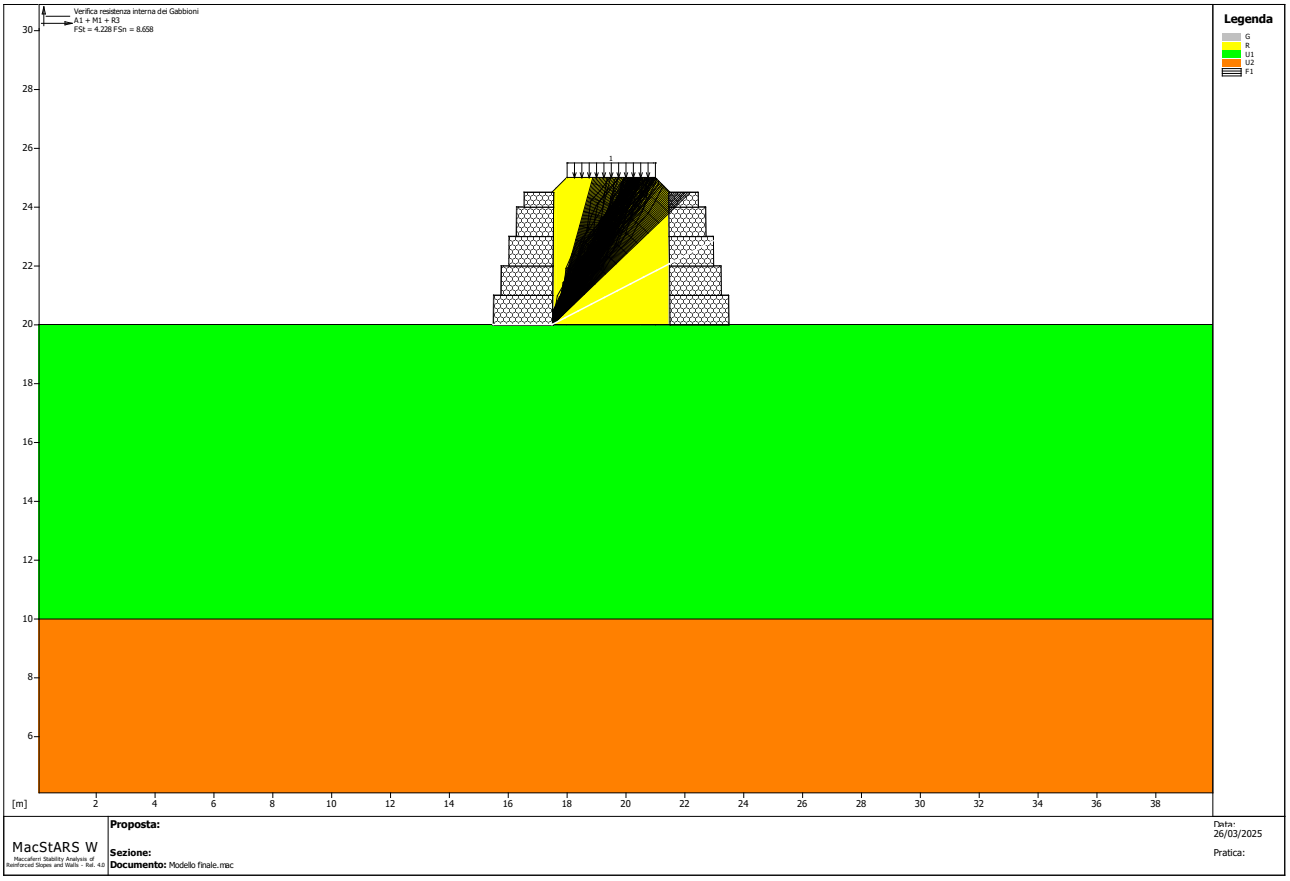


Verifica di resistenza interna muro 5:

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3
Stabilità verificata sul blocco : 1
Forza Stabilizzante.....[kN/m]....: 10.20
Forza Instabilizzante.....[kN/m]....: 2.14
Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 4.339
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]....: 7.76
Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]....: 1.29
Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 5.237

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE INTERFACCIA 1



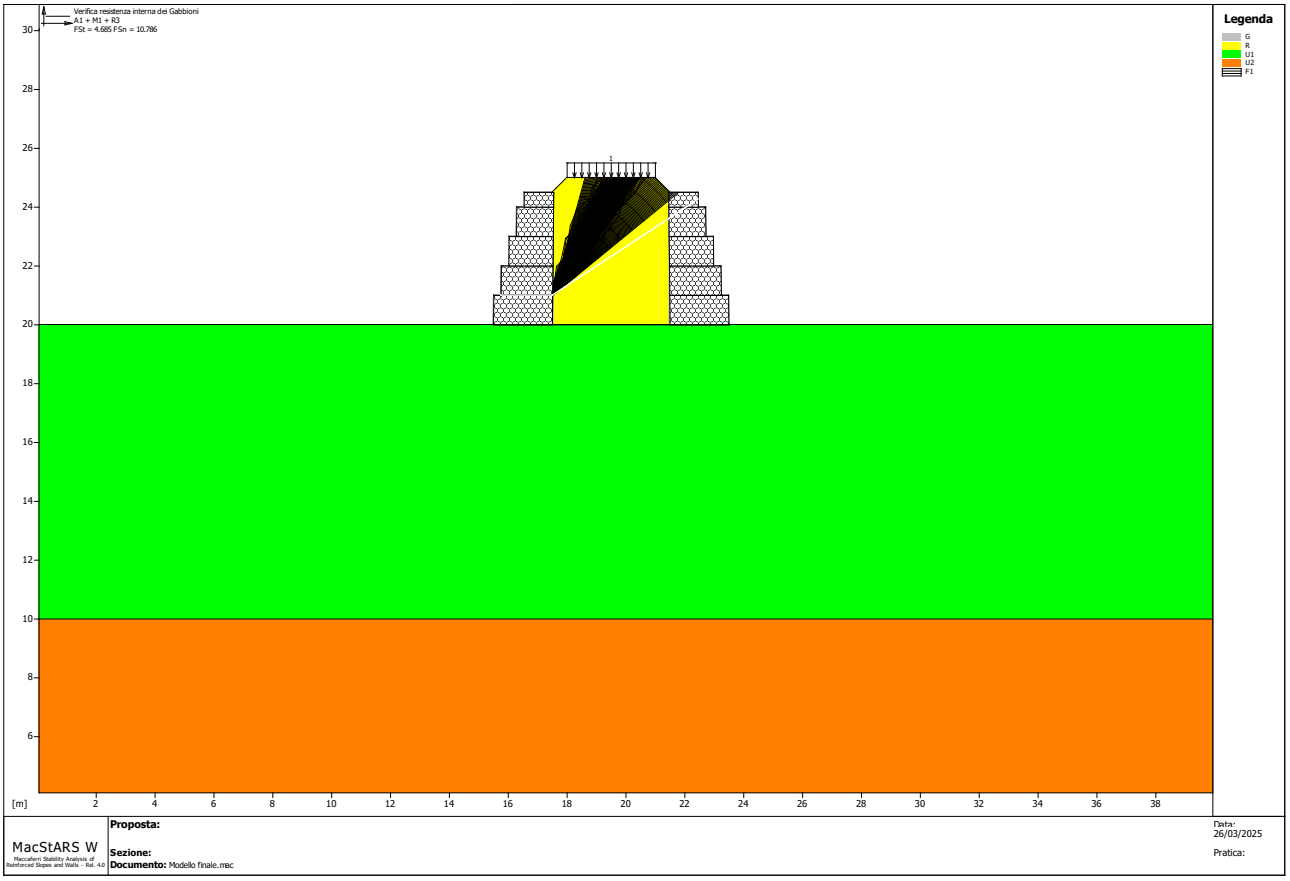
Verifica di stabilità interna interfaccia 1:

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3
Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	103.90
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	24.57
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	4.228
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	87.28
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	8.658
Fondazione equivalente	[m]	:	2.10
Eccentricità forza normale	[m]	:	-0.05

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu

VERIFICHE INTERFACCIA 2



Verifica di stabilità interna interfaccia 2:

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	86.93
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	18.56
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	4.685
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	70.06
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	10.786
Fondazione equivalente	[m]	:	1.84
Eccentricità forza normale	[m]	:	-0.05

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu

VERIFICHE INTERFACCIA 3

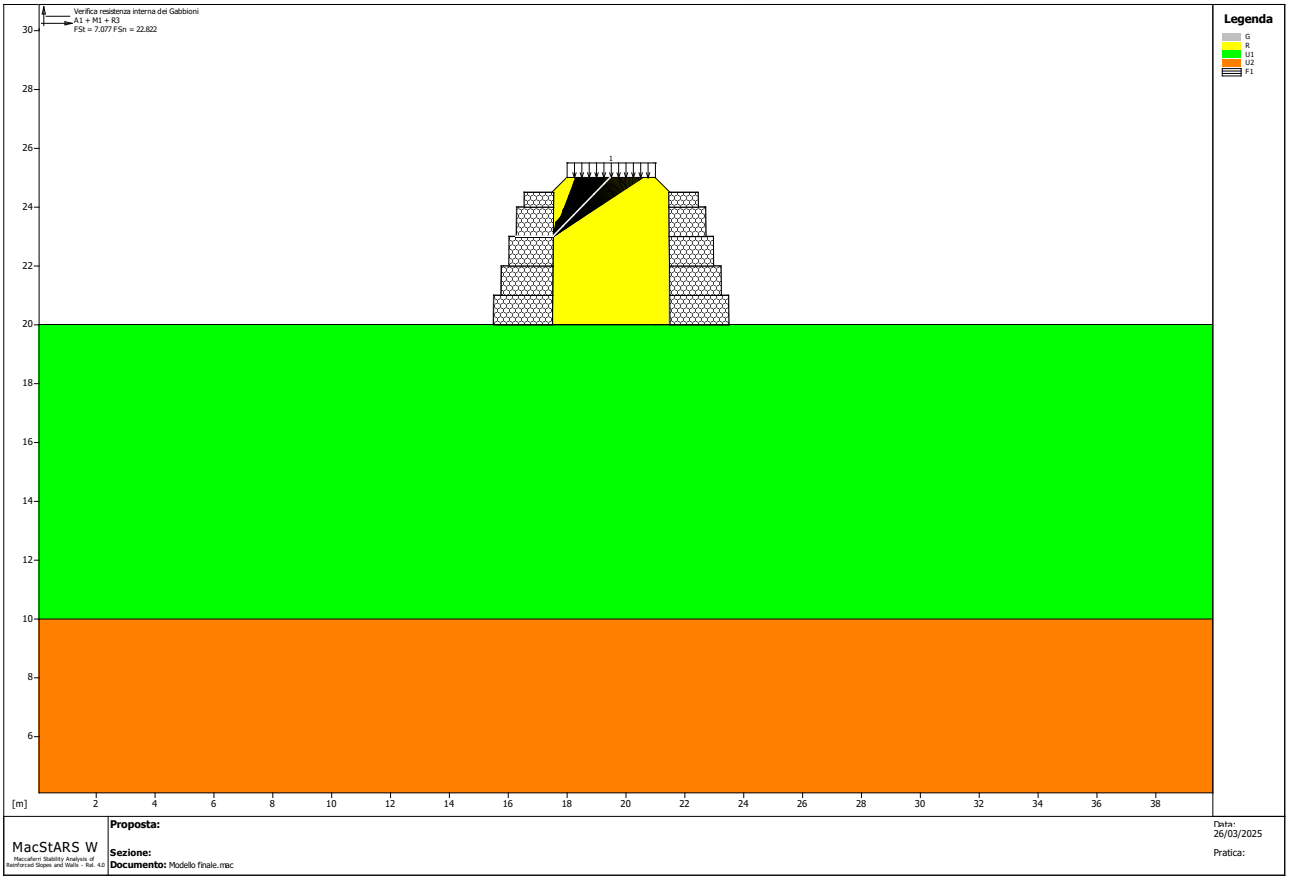
Verifica di stabilità interna interfaccia 3:

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3
Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	69.09
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	12.68
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	5.450
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	52.22
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	14.471
Fondazione equivalente	[m]	:	1.58
Eccentricità forza normale	[m]	:	-0.04

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu

VERIFICHE INTERFACCIA 4



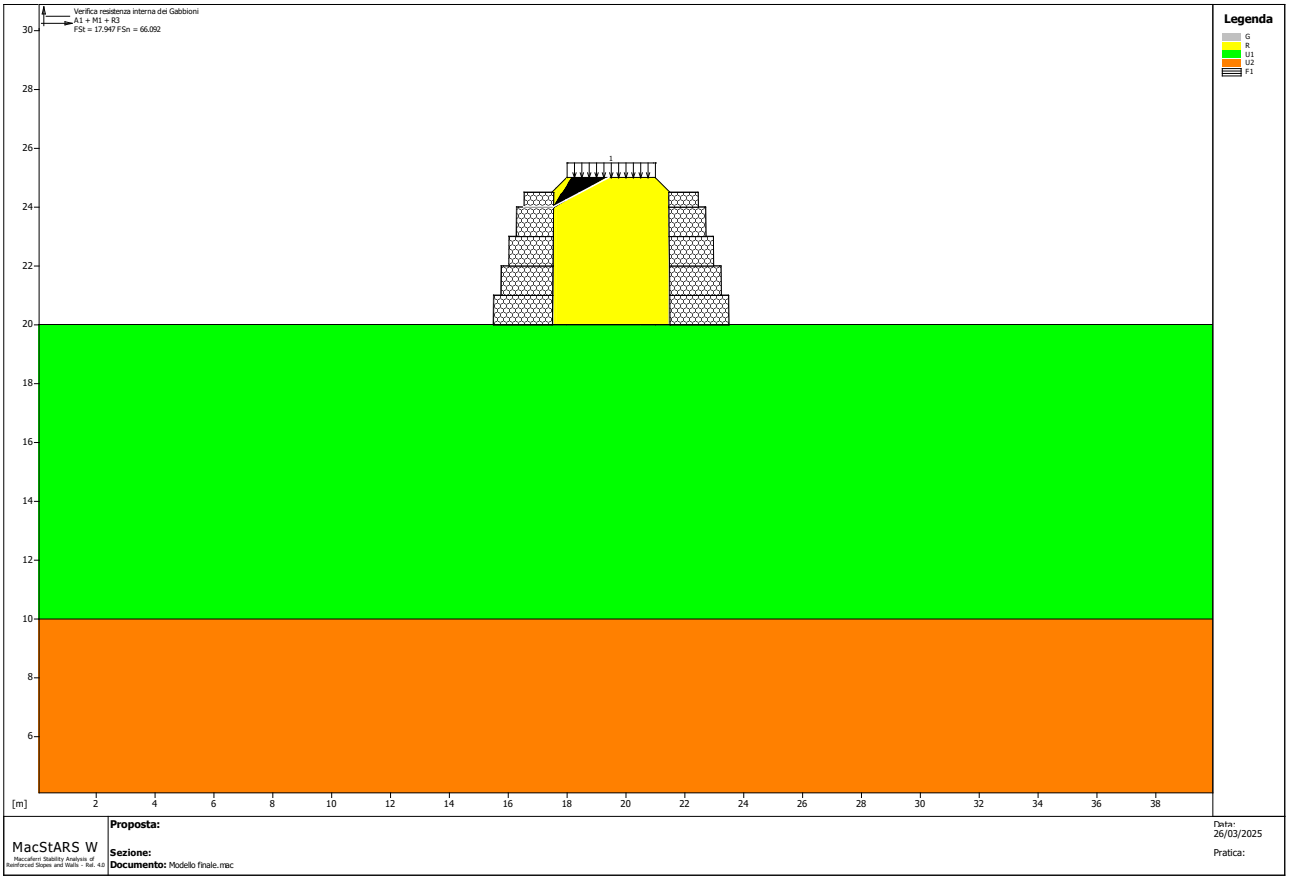
Verifica di stabilità interna interfaccia 4:

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3
Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	49.86
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	7.05
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	7.077
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	33.11
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	22.822
Fondazione equivalente	[m]	:	1.31
Eccentricità forza normale	[m]	:	-0.03

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu

VERIFICHE INTERFACCIA 5



Verifica di stabilità interna interfaccia 5:

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3
Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	38.44
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	2.14
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	17.947
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	11.43
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	66.092
Fondazione equivalente	[m]	:	1.07
Eccentricità forza normale	[m]	:	-0.03

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu

MacStARS W – Rel. 4.0

Maccaferri Stability Analysis of Reinforced Slopes and Walls
Officine Maccaferri S.p.A. - Via Kennedy 10 - 40069 Zola Predosa (Bologna)
Tel. 051.6436000 - Fax 051.236507

Verifiche condotte in accordo alla normativa : NTC 2018
_Verifiche di sicurezza (SLU)

SOMMARIO

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI 2
PROFILI STRATIGRAFICI 3
PROFILI FALDE FREATICHE 3
MURI IN GABBIONI 3
Muro : 1 3
Muro : 2 4
CARICHI 4
VERIFICHE MURO 1 5
Verifica come muro di sostegno (muro 1): 5
VERIFICHE MURO 2 7
Verifica di resistenza interna muro 2: 7
VERIFICHE MURO 3 8
Verifica di resistenza interna muro 3: 8
VERIFICHE MURO 4 9
Verifica di resistenza interna muro 4: 9
VERIFICHE MURO 5 10
Verifica di resistenza interna muro 5: 10
VERIFICHE INTERFACCIA 1 11
Verifica di stabilità interna interfaccia 1: 11
VERIFICHE INTERFACCIA 2 12
Verifica di stabilità interna interfaccia 2: 12
VERIFICHE INTERFACCIA 3 13
Verifica di stabilità interna interfaccia 3: 13
VERIFICHE INTERFACCIA 4 14
Verifica di stabilità interna interfaccia 4: 14
VERIFICHE INTERFACCIA 5 15
Verifica di stabilità interna interfaccia 5: 15

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : G Descrizione : Gabbioni
Classe coesione: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione [kN/m²] : 0.00
Classe d'attrito: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito [°] : 40.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Classe di peso: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 21.00
Peso specifico in falda [kN/m³] : 24.00

Modulo elastico [kN/m²] : 30000.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno : R Descrizione : Rilevato
Classe coesione: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione [kN/m²] : 0.00
Classe d'attrito: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito [°] : 38.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Classe di peso: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 18.00
Peso specifico in falda [kN/m³] : 21.00

Modulo elastico [kN/m²] : 21000.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno : U1 Descrizione : Unità 1
Classe coesione: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione [kN/m²] : 1.00
Classe d'attrito: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito [°] : 29.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Classe di peso: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 17.00
Peso specifico in falda [kN/m³] : 20.00

Modulo elastico [kN/m²] : 16000.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

Terreno : U2 Descrizione : Unità 2
Classe coesione: Coeff. Parziale - Coesione efficace
Coesione [kN/m²] : 1.00
Classe d'attrito: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
Angolo d'attrito [°] : 32.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru) : 0.00
Classe di peso: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
Peso specifico sopra falda [kN/m³] : 18.00
Peso specifico in falda [kN/m³] : 19.50

Modulo elastico [kN/m²] : 21000.00
Coefficiente di Poisson : 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: B Descrizione: Strato di base
Terreno : U2

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
0.00	10.00	40.00	10.00				

Strato: R Descrizione: Rilevato
Terreno : R

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
17.50	24.50	18.00	25.00	21.00	25.00	21.50	24.50

Strato: T1 Descrizione: Strato superficiale
Terreno : U1

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
0.00	20.00	17.50	20.00	18.00	20.00	20.50	20.00
21.00	20.00	40.00	20.00				

PROFILI FALDE FREATICHE

Falda: F1 Descrizione:

X [m]	Y [m]	Y [m]	P [kN/m²]	X [m]	Y [m]	Y [m]	P [kN/m²]
0.00	20.00	20.00		40.00	20.00	20.00	

MURI IN GABBIONI

Muro : 1
Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 15.50 Ordinata.....= 20.00
Rotazione muro..... [°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: G
Terreno di riempimento a tergo.....: R
Terreno di copertura.....: R
Terreno di fondazione.....: U1

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m³]
1	2.00	1.00	0.00	72.59
2	1.75	1.00	0.25	72.59
3	1.50	1.00	0.50	72.59
4	1.25	1.00	0.75	72.59
5	1.00	0.50	1.00	105.95

Gabbioni senza diaframmi
Maglia 8x10 Diametro filo 2,7 [mm]
Classe Pu : Pu

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof
Affondamento fondazione.....[m] : 1.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Profilo di ricopertura:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
16.50	24.50						

Profilo di sbancamento:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
16.50	20.00						

Muro : 2

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 23.50 Ordinata.....= 20.00
Rotazione muro..... [°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: G
Terreno di riempimento a tergo.....: R
Terreno di copertura.....: R
Terreno di fondazione.....: U1

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m³]
1	2.00	1.00	0.00	91.23
2	1.75	1.00	0.25	91.23
3	1.50	1.00	0.50	91.23
4	1.25	1.00	0.75	91.23
5	1.00	0.50	1.00	139.30

Gabbioni senza diaframmi
Maglia 6x8 Diametro filo 2,7 [mm]
Classe Pu : Pu

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof
Affondamento fondazione.....[m] : 0.00
Inclinazione pendio a valle.....[°] : 0.00

Profilo di ricopertura:

X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
22.50	21.50						

Profilo di sbancamento:

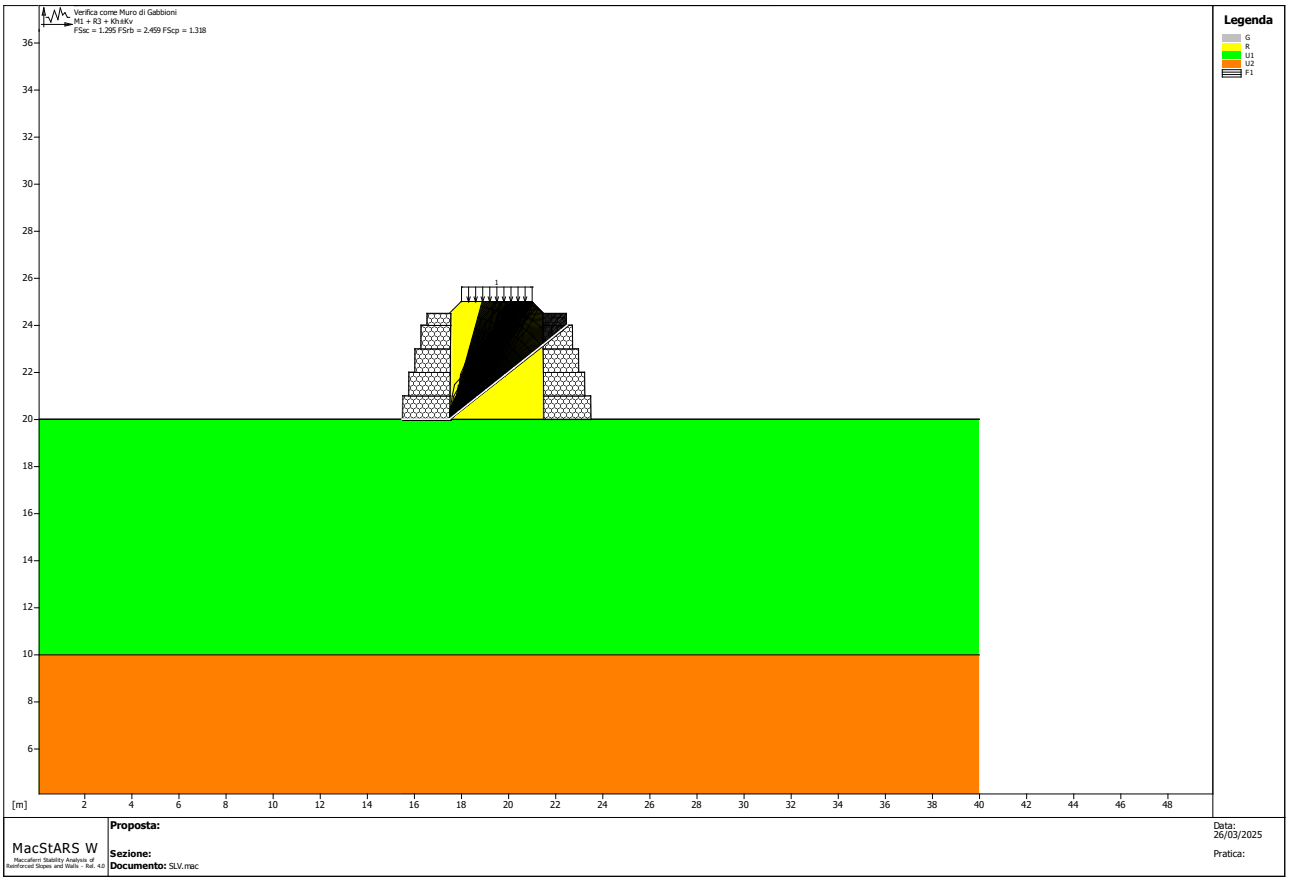
X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]
21.50	20.00						

CARICHI

Pressione : 1 Descrizione : Carico
Classe : Permanente - favorevole
Intensità.....[kN/m²]...= 3.00 Inclinazione.....[°]...= 0.00
Ascissa.....[m] : Da = 18.00 To = 21.00

Sisma :
Classe : Sisma
Accelerazione....[m/s²]..: Orizzontale.....= 1.44 Verticale.....= 0.72

VERIFICHE MURO 1



Verifica come muro di sostegno (muro 1):

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1

Forza Stabilizzante	[kN/m]	:	101.02
Forza Instabilizzante	[kN/m]	:	78.00
Classe scorrimento	: Coeff. parziale R - Scorrimento		
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento		:	1.295
Momento Stabilizzante	[kN*m/m]	:	204.93
Momento Instabilizzante	[kN*m/m]	:	83.33
Classe momento	: Coeff. parziale R - Ribaltamento		
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento		:	2.459

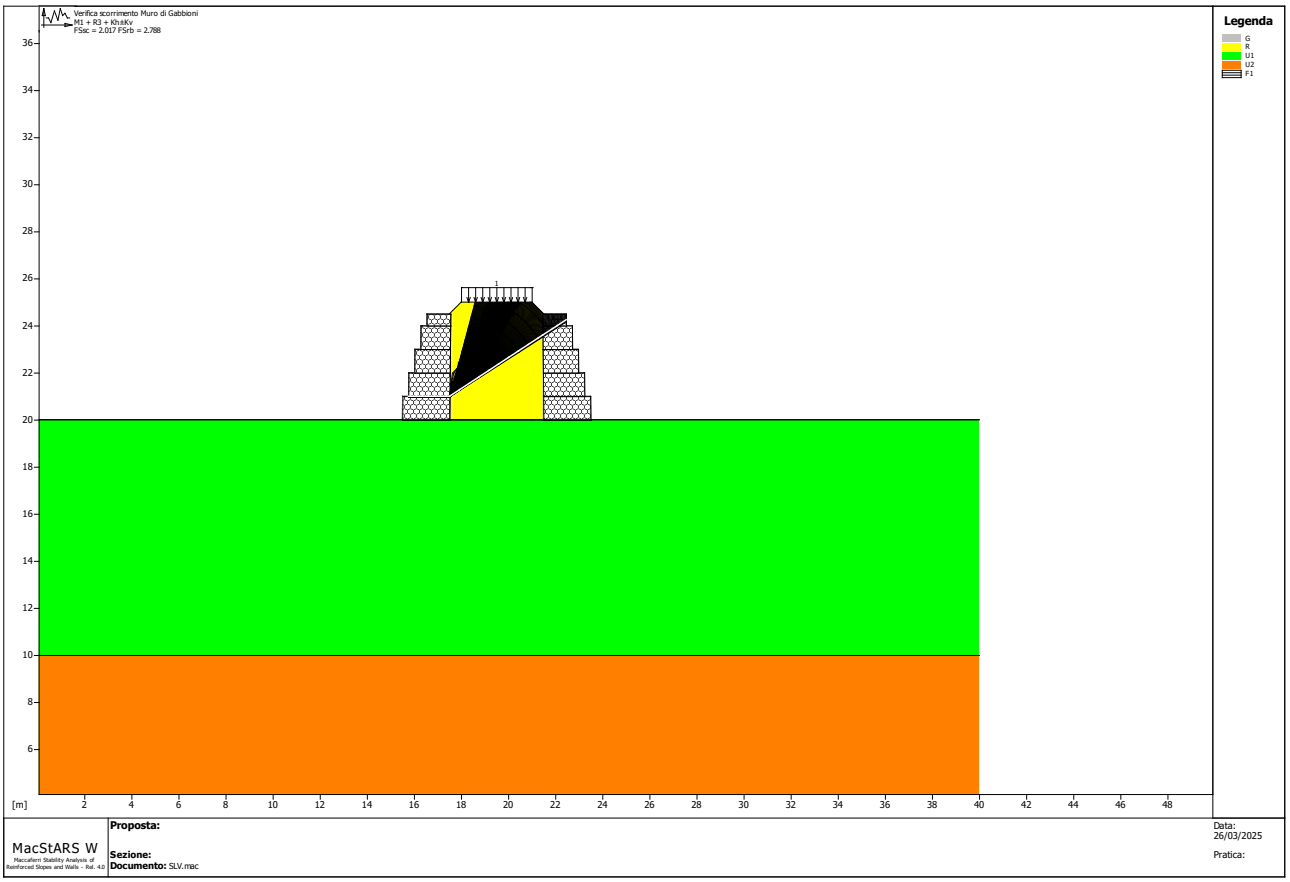
Pressione ultima calcolata con Meyerhof.

Pressione ultima	[kN/m²]	:	172.25
Pressione media agente	[kN/m²]	:	108.90
Classe pressione	: Coeff. parziale R - Capacità portante		
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante		:	1.318
Fondazione equivalente	[m]	:	1.49
Eccentricità forza normale	[m]	:	0.25
Braccio momento	[m]	:	1.07
Forza normale	[kN]	:	162.74
Pressione estremo di valle	[kN/m²]	:	143.08
Pressione estremo di monte	[kN/m²]	:	19.66

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio

1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.20	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE MURO 2

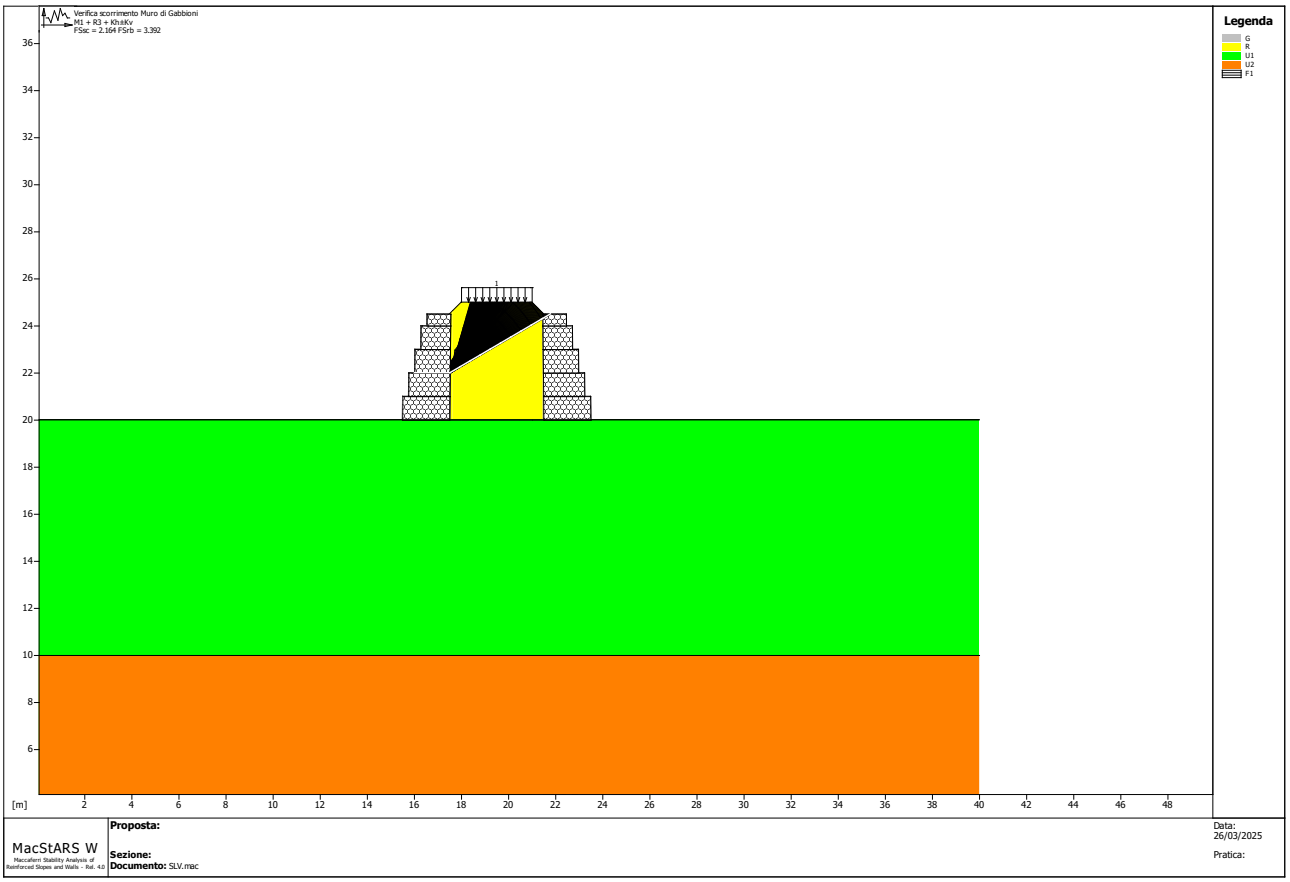


Verifica di resistenza interna muro 2:

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1
Forza Stabilizzante.....[kN/m]....: 104.71
Forza Instabilizzante.....[kN/m]....: 51.92
Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.017
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]....: 124.92
Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]....: 44.81
Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 2.788

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE MURO 3

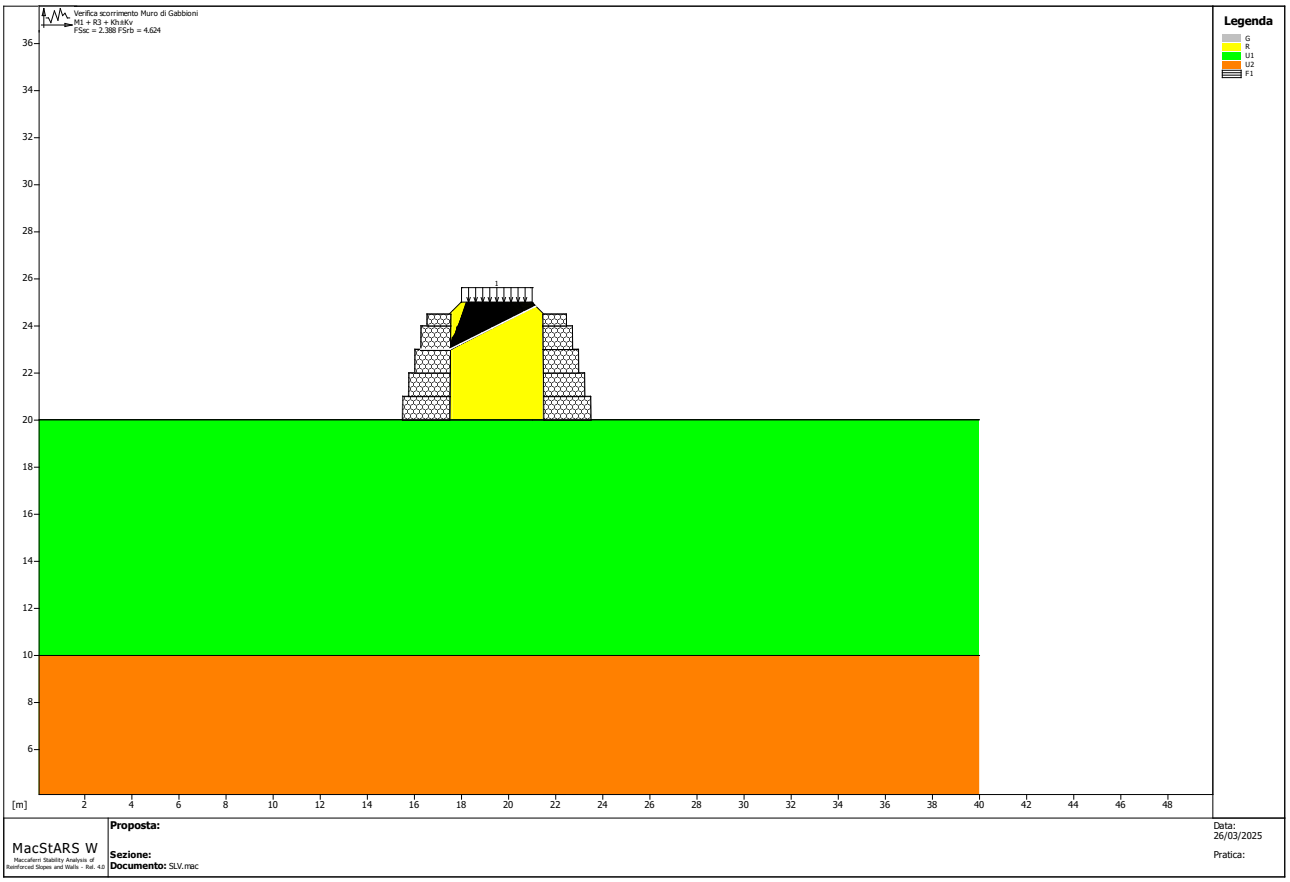


Verifica di resistenza interna muro 3:

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1
Forza Stabilizzante.....[kN/m]....: 66.08
Forza Instabilizzante.....[kN/m]....: 30.54
Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.164
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]....: 67.79
Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]....: 19.98
Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 3.392

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE MURO 4



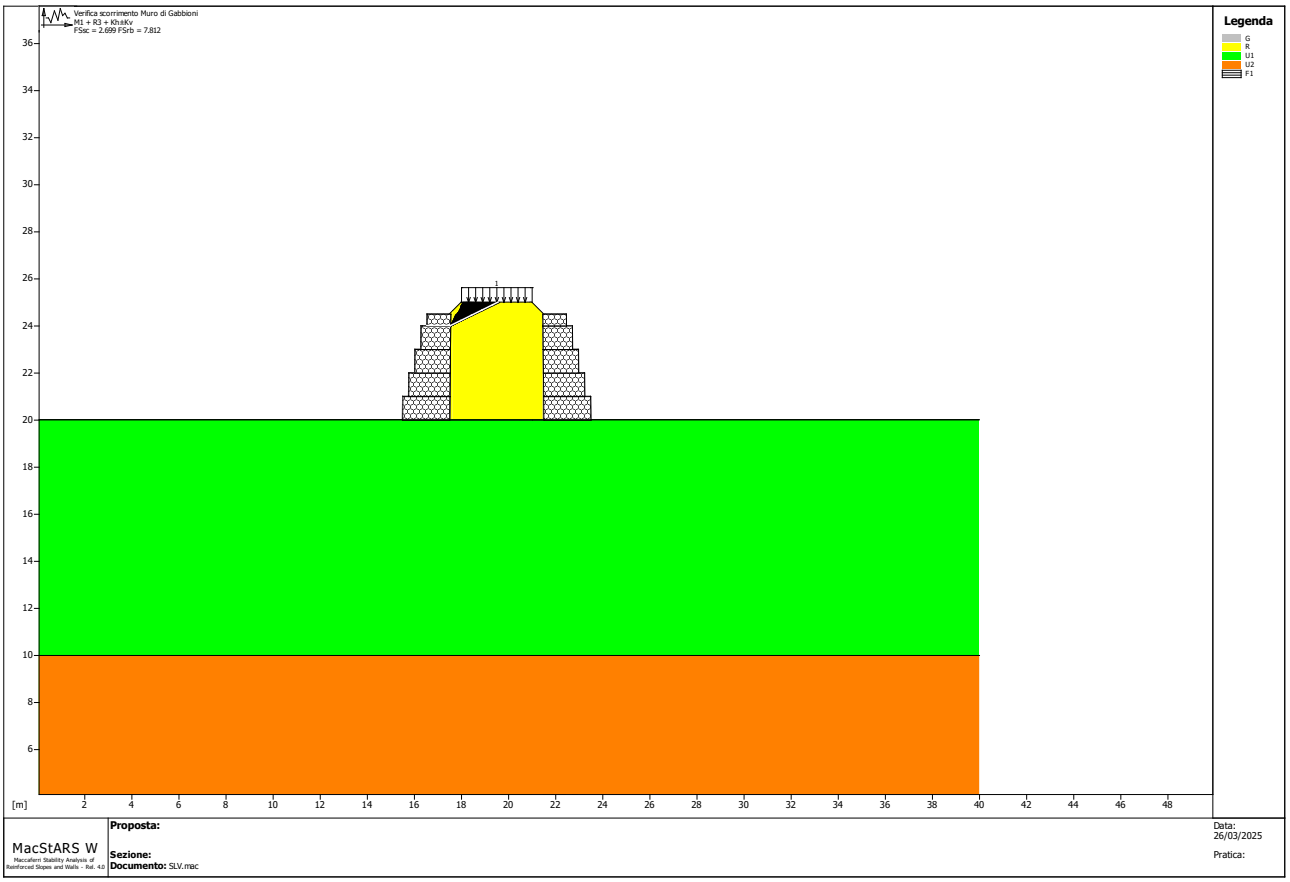
Verifica di resistenza interna muro 4:

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1

Forza Stabilizzante	[kN/m]	:	34.30
Forza Instabilizzante	[kN/m]	:	14.37
Classe scorrimento	: Coeff. parziale R - Scorrimento		
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento		:	2.388
Momento Stabilizzante	[kN*m/m]	:	30.89
Momento Instabilizzante	[kN*m/m]	:	6.68
Classe momento	: Coeff. parziale R - Ribaltamento		
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento		:	4.624

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE MURO 5

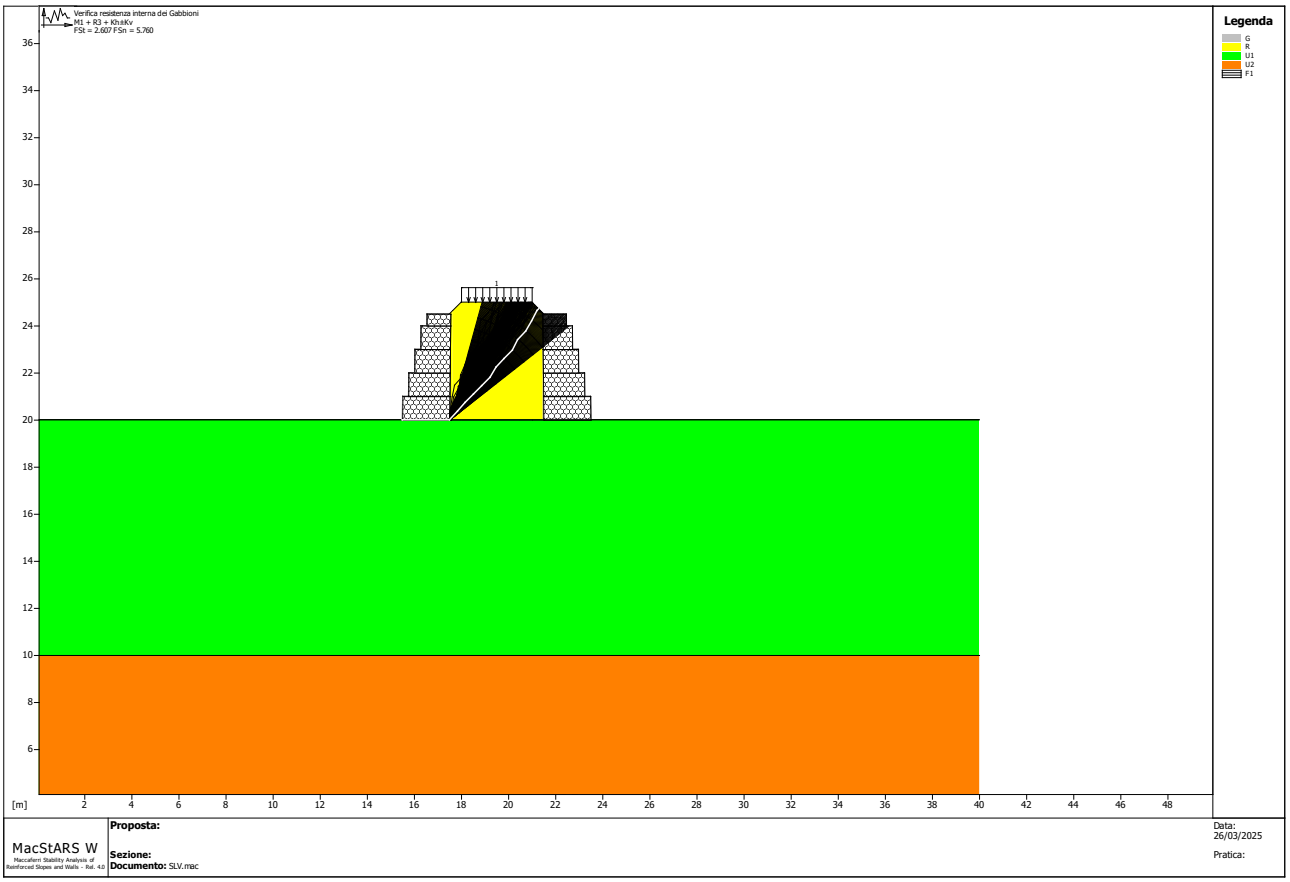


Verifica di resistenza interna muro 5:

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1
Forza Stabilizzante.....[kN/m]....: 9.44
Forza Instabilizzante.....[kN/m]....: 3.50
Classe scorrimento.....: Coeff. parziale R - Scorrimento
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....: 2.699
Momento Stabilizzante.....[kN*m/m]....: 6.66
Momento Instabilizzante.....[kN*m/m]....: 0.85
Classe momento.....: Coeff. parziale R - Ribaltamento
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....: 7.812

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

VERIFICHE INTERFACCIA 1



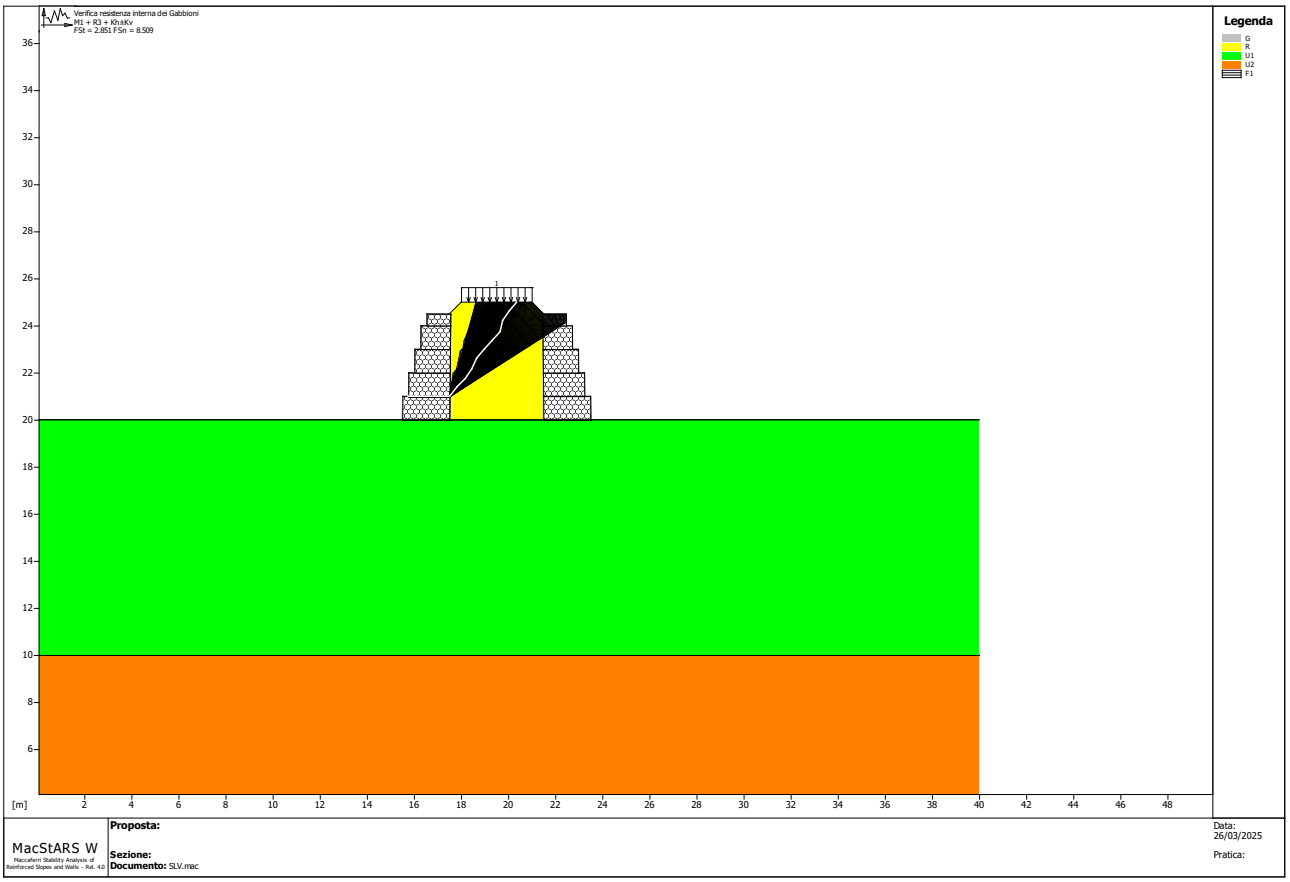
Verifica di stabilità interna interfaccia 1:

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	101.68
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	39.00
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	2.607
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	131.20
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	5.760
Fondazione equivalente	[m]	:	1.36
Eccentricità forza normale	[m]	:	0.32

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu

VERIFICHE INTERFACCIA 2



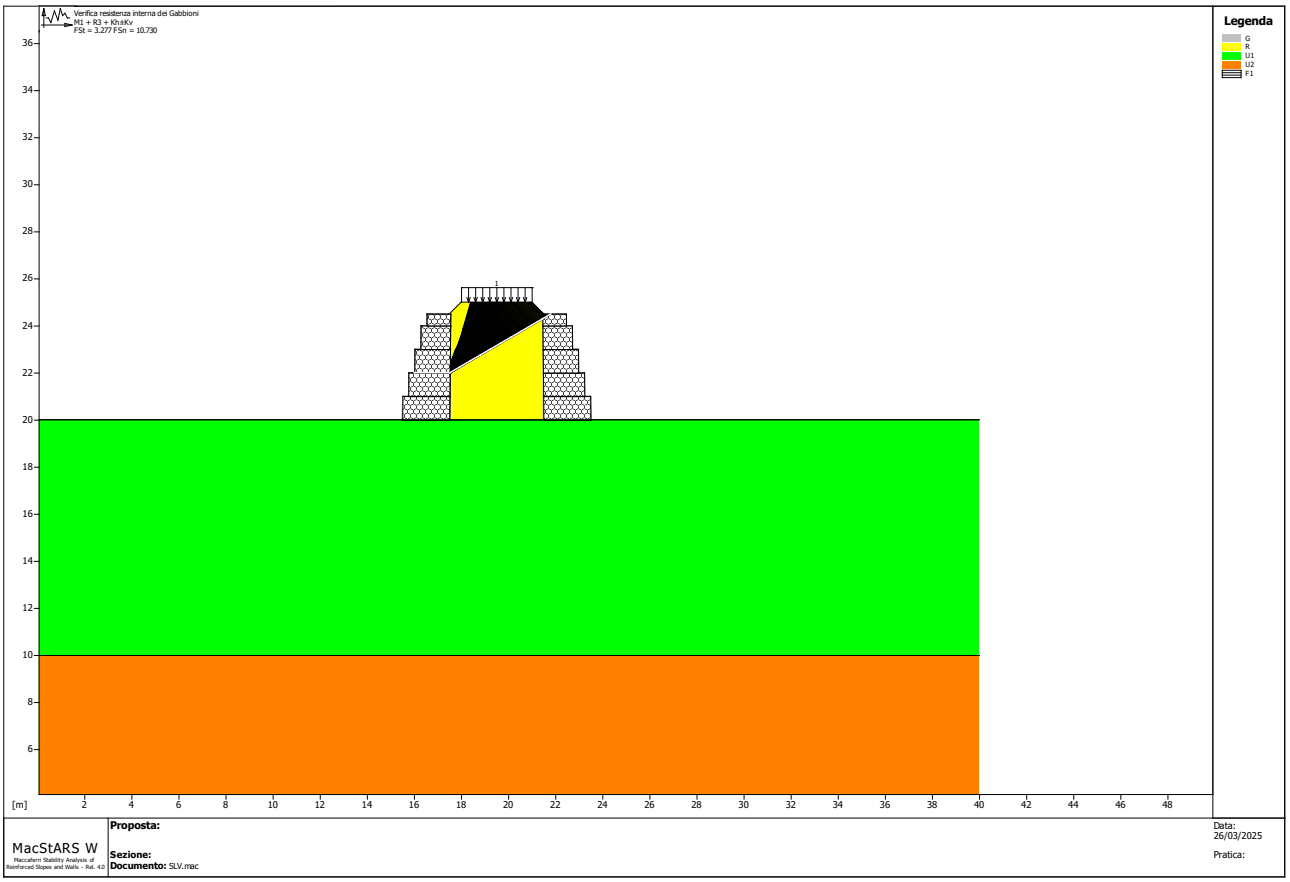
Verifica di stabilità interna interfaccia 2:

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	84.61
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	29.68
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	2.851
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	88.81
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	8.509
Fondazione equivalente	[m]	:	1.41
Eccentricità forza normale	[m]	:	0.17

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu

VERIFICHE INTERFACCIA 3



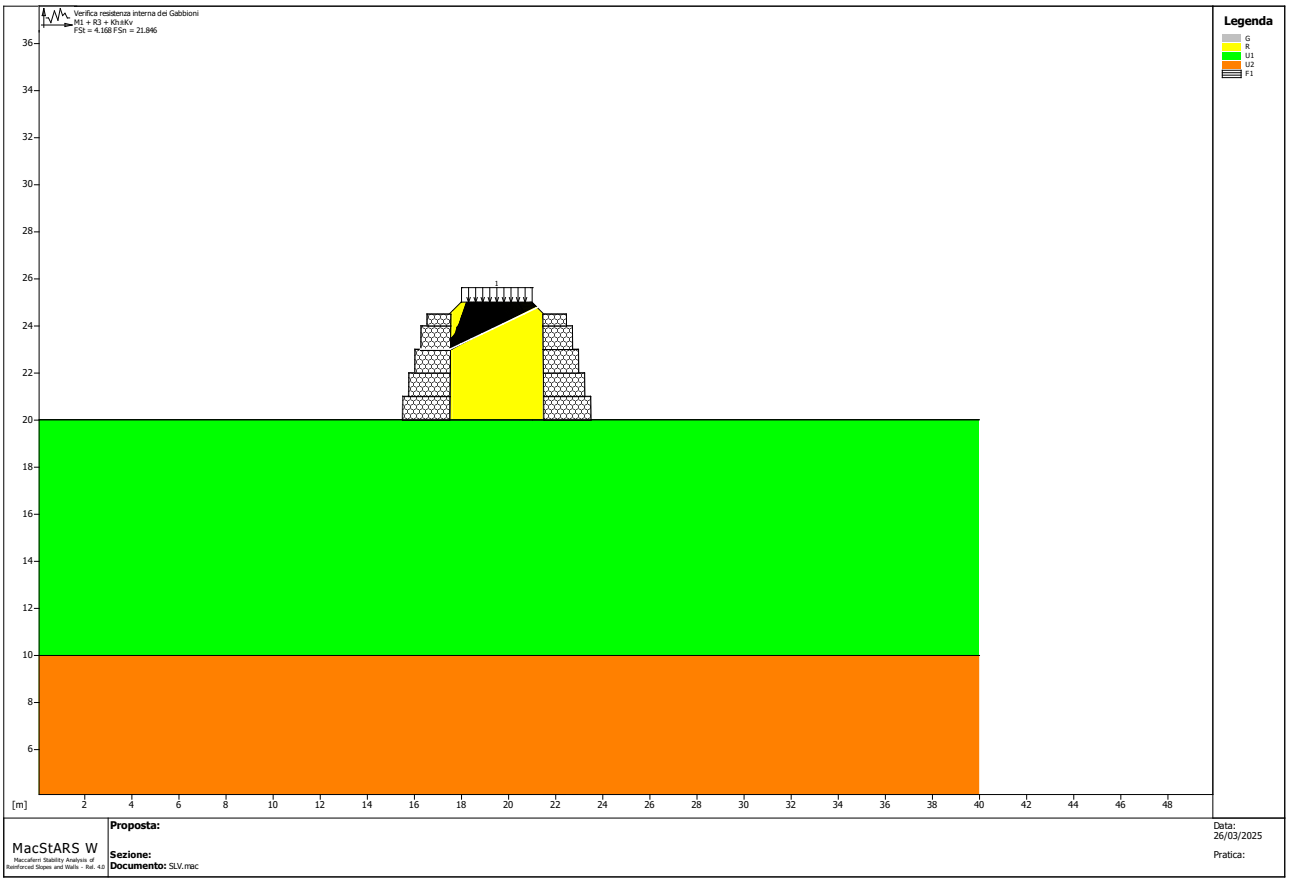
Verifica di stabilità interna interfaccia 3:

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	66.75
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	20.37
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	3.277
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	70.43
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	10.730
Fondazione equivalente	[m]	:	1.12
Eccentricità forza normale	[m]	:	0.19

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu

VERIFICHE INTERFACCIA 4



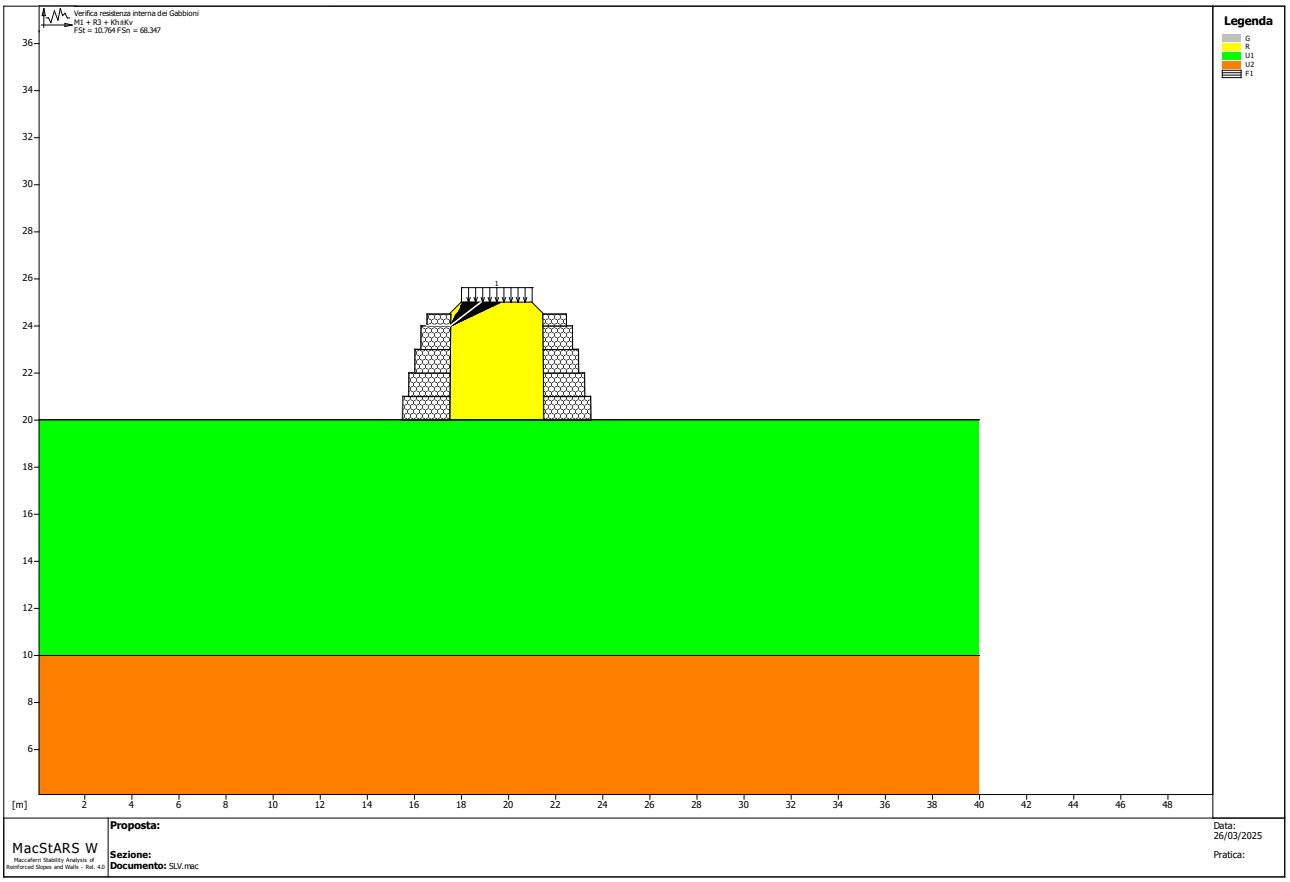
Verifica di stabilità interna interfaccia 4:

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	47.95
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	11.50
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	4.168
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	34.59
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	21.846
Fondazione equivalente	[m]	:	1.18
Eccentricità forza normale	[m]	:	0.03

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu

VERIFICHE INTERFACCIA 5



Verifica di stabilità interna interfaccia 5:

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh±Kv
Stabilità verificata sul blocco : 1

Sforzo di taglio ammissibile	[kN/m²]	:	37.57
Sforzo di taglio agente	[kN/m²]	:	3.49
Classe taglio	: Fs resistenza a taglio rete Gabbioni		
Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante		:	10.764
Pressione ammissibile	[kN/m²]	:	755.70
Pressione media agente	[kN/m²]	:	11.06
Classe pressione	: Fs resistenza a schiacciamento gabbioni		
Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento		:	68.347
Fondazione equivalente	[m]	:	1.02
Eccentricità forza normale	[m]	:	-0.01

Fattore	Classe
1.00	Permanente - favorevole
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Fs resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	Fs resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu